

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

G02F 1/01

G02B 6/26 H04B 10/12



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03107458.8

[43] 公开日 2003 年 10 月 1 日

[11] 公开号 CN 1445580A

[22] 申请日 2003.3.18 [21] 申请号 03107458.8

[30] 优先权

[32] 2002. 3.18 [33] JP [31] 74828/2002

[32] 2002. 8.23 [33] JP [31] 244254/2002

[71] 申请人 松下电器产业株式会社

地址 日本大阪府门真市

[72] 发明人 浜田英伸

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

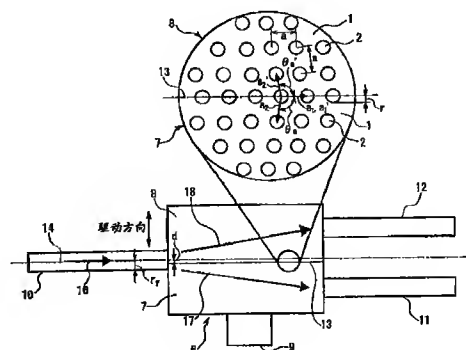
代理人 杨凯 王忠忠

权利要求书 8 页 说明书 34 页 附图 22 页

[54] 发明名称 光学装置及其制造方法

[57] 摘要

提供装置化后可动态改变分支比或耦合比的光分支器或光耦合器等的、能够实现小型化且容易制作的光学装置及其制造方法。其解决方案是采用这样的光学装置，其中设有：通过周期地配置折射率不同的多种物质而具有周期性折射率分布的光子晶体 7、8，用以将光入射到光子晶体 7、8 中的输入侧光波导 10，将光从光子晶体 7、8 出射的输出侧光波导 11、12，以及使光子晶体 7、8 和输入侧光波导 14 与输出侧光波导 11、12 中至少一个之间的相对位置变化的外部驱动部件 9。



ISSN 1008-4274

1. 一种光学装置, 其特征在于:

5 设有折射率不同的多种物质周期地配置而成的具有周期性折射率分布的光子晶体, 用以将光入射到所述光子晶体的输入侧光波导, 以及将光从所述光子晶体出射的输出侧光波导;

设有使所述光子晶体跟所述输入侧光波导和所述输出侧光波导中至少一个的相对位置发生变化的外部驱动部件。

2. 如权利要求1所述的光学装置, 其特征在于: 所述光子晶体是由折射率分布的周期结构不同的两种光子晶体在接合面接合而成的复合光子晶体。

3. 如权利要求1所述的光学装置, 其特征在于: 所述光子晶体具有由多个具有折射率不同的物质周期地排列而成的二维或三维晶格结构, 且由基本格矢构成的一组二维晶格结构是不具有大于3次的旋转对称轴的晶格结构。

4. 如权利要求1所述的光学装置, 其特征在于:

所述光子晶体包含折射率不同的背景物质和柱状物质, 具有多个所述柱状物质的轴成为平行地由所述柱状物质周期地在所述背景物质中排列而成的二维晶格结构;

20 所述光子晶体各基本格矢间的角度, 是锐角侧角度大于 $60^\circ$ 、小于 $90^\circ$ 的角度。

5. 如权利要求4所述的光学装置, 其特征在于: 所述光子晶体的晶格常数的大小是所述光子晶体中偏转的固有光的波长的 $0.4 \sim 0.6$ 倍。

25 6. 如权利要求4所述的光学装置, 其特征在于:

所述柱状物质的断面形状为圆形;

所述圆形的半径为偏转的固有光的波长的 $0.08 \sim 0.3$ 倍。

7. 如权利要求1所述的光学装置, 其特征在于设有:

监测所述输出侧光波导中传输的光量并加以信号化的监测部件；  
以及

接收表示来自所述监测部件的所述光量的信号，基于所述光量进行计算处理，并控制外部驱动部件使各所述输出侧光波导中传输的光量达到所要的值的计算控制部件。

8. 如权利要求2所述的光学装置，其特征在于：

对应于所述接合面的所述不同的两种光子晶体各有至少一个基本格矢的方向在同一方向，并与所述复合光子晶体的接合面平行；

所述输入侧光波导的光轴的方向，跟所述至少一个基本格矢的方向相同。

9. 如权利要求8所述的光学装置，其特征在于：所述各光子晶体的基本格矢中，不与所述接合面平行的基本格矢分别相对于所述接合面对称。

10. 如权利要求2所述的光学装置，其特征在于：

所述输入侧光波导为一个；

所述输出侧光波导为两个；

所述输入侧光波导设置在所述复合光子晶体的端面，所述输入侧光波导的光轴位于所述复合光子晶体的接合面附近；

所述输出侧光波导设于所述复合光子晶体的所述输入侧光波导设置侧的对面，分别配置在相对于所述接合面对称的位置上；

能够通过由所述外部驱动部件产生的所述接合面和所述输入侧光波导的光轴之间的偏移量，使从输入侧光波导入射的光达到所要的分支比地被分支后向各输出侧光波导出射，。

11. 如权利要求10所述的光学装置，其特征在于：所述外部驱动部件，能够使所述复合光子晶体或所述输入侧光波导在所述接合面的垂直方向移动。

12. 如权利要求 10所述的光学装置，其特征在于设有：

对每个所述输出侧光波导中传输的光量进行监测并加以信号化的

监测部件；以及

从所述监测部件接收表示所述光量的信号，跟所述各输出侧光波导中传输的所要的分支比作比较计算，并控制外部驱动部件，使所述各输出侧光波导中传输的光量达到所要的分支比的计算控制部件。

5        13. 如权利要求2所述的光学装置，其特征在于：

所述输入侧光波导为两个；

所述输出侧光波导为一个；

所述输出侧光波导设置在所述复合光子晶体的端面，所述输出侧光波导的光轴位于所述复合光子晶体的接合面附近；

10        所述输入侧光波导设置在所述复合光子晶体的所述输出侧光波导设置侧的对面，分别设置在相对于所述接合面形成对称的位置上；

通过所述接合面和所述输出侧光波导的光轴之间的偏移量，从各输入侧光波导入射的光，以所要的各耦合比耦合后向输出侧光波导出射。

15        14. 如权利要求13所述的光学装置，其特征在于：所述外部驱动部件，能够使所述复合光子晶体或所述输出侧光波导在所述接合面的垂直方向移动。

15. 如权利要求13所述的光学装置，其特征在于设有：

20        监测每个所述输出侧光波导中传输的光量并加以信号化的监测部件；以及

接收来自所述监测部件的表示所述光量的信号，对所述输出侧光波导中传输的光量和所要的耦合比确定的光量作比较计算，并控制外部驱动部件使所述输出侧光波导中传输的光量达到所要的值的计算控制部件。

25        16. 如权利要求2所述的光学装置，其特征在于：

能够将所述输入侧光波导作为输出侧，将所述输出侧光波导作为输入侧使用；

所述外部驱动部件探测光的输入输出方向并执行控制，以使所述接

合面和所述输入侧光波导或所述输出侧光波导的光轴之间的偏移量达到最佳。

17. 如权利要求1所述的光学装置, 其特征在于:

输入侧光波导为两个;

5 输出侧光波导为一个;

所述输入侧光波导设置在所述光子晶体的端面, 各光轴跟所述光子晶体的一个基本格矢的方向平行;

所述输出侧光波导设置在所述光子晶体的所述输入侧光波导设置侧的对面, 跟所述输入侧光波导的任一个有同一光轴;

10 所述外部驱动部件使有跟所述输出侧光波导的光轴不同的光轴的输入侧光波导, 在所述输出侧光波导光轴的垂直方向上移动。

18. 如权利要求17所述的光学装置, 其特征在于: 各所述输入侧光波导之间的距离, 跟所述光子晶体在光的行进方向的长度大致成比例。

15 19. 如权利要求17所述的光学装置, 其特征在于:

使多个光在跟所述输出侧光波导的光轴有相同光轴的所述输入侧光波导中传输;

在另一输入侧光波导中, 只是传输在所述光子晶体中偏转的固有光。

20 20. 如权利要求17所述的光学装置, 其特征在于设有:

监测所述输出侧光波导中传输的光量并加以信号化的监测部件;

以及

接收来自所述监测部件的表示所述光量的信号, 基于所要的光的耦合比和所述光量进行计算处理, 对所述输出侧光波导中传输的光量和  
25 所要的耦合比确定的光量进行比较计算, 并控制外部驱动部件以使所述输出侧光波导中传输的光量达到所要的值的计算控制部件。

21. 如权利要求1所述的光学装置, 其特征在于:

输入侧光波导为两个;

输出侧光波导为一个;

所述输入侧光波导设置在所述光子晶体的端面,各光轴跟所述光子晶体的一个基本格矢的方向平行;

所述输出侧光波导设置在所述光子晶体的所述输入侧光波导的设置侧的对面,具有跟所述输入侧光波导的任一个光轴平行且邻近的光轴;

所述外部驱动部件,使具有设在所述输出侧光波导的光轴附近的光轴的输入侧光波导在所述光轴的垂直方向上移动。

22. 如权利要求21所述的光学装置,其特征在于:各所述输入侧光波导间的距离,跟所述光子晶体的光的行进方向的长度大致成比例。

23. 如权利要求21所述的光学装置,其特征在于:

使多个光在其光轴位于所述输出侧光波导的光轴的附近的所述输入侧光波导中传输;

15 在另一输入侧光波导中,只传输在所述光子晶体中偏转的固有光。

24. 如权利要求21所述的光学装置,其特征在于设有:

监测所述输出侧光波导中传输的光量并加以信号化的监测部件;  
以及

20 接收来自所述监测部件的表示所述光量的信号,基于所要的光的耦合比和所述光量进行计算处理,对所述输出侧光波导中传输的光量和所要的耦合比确定的光量进行比较计算,并控制外部驱动部件以使所述输出侧光波导中传输的光量达到所要的值的计算控制部件。

25. 一种光学装置,其中设有:折射率不同的多种物质周期地配置而成的具有周期性折射率分布的光子晶体,用以将光入射到所述光子晶体的输入侧光波导,以及将光从所述光子晶体出射的输出侧光波导;

所述光子晶体,是折射率分布的周期结构不同的两种光子晶体在接合面接合而成的复合光子晶体;

所述复合光子晶体包含折射率不同的背景物质和柱状物质,具有多个所述柱状物质的轴平行地、由所述柱状物质在所述背景物质中周期地排列而成的二维晶格结构,所述各光子晶体的一个的基本格矢相互平行,并与所述接合面平行;

- 5      所述各光子晶体的各基本格矢间的角度相同,其锐角侧的角度为大于 $60^{\circ}$  小于 $90^{\circ}$  的角度;

所述各光子晶体的晶格常数不同;

所述输入侧光波导设置在所述光子晶体的面上,所述输入侧光波导的光轴为所述接合面所包含。

- 10      26. 如权利要求25所述的光学装置,其特征在于:

所述各光子晶体的柱状物质为同一种材料;

所述各光子晶体的柱状物质一起配置在所述接合面上。

27. 一种光学装置,其中设有:包含折射率不同的背景物质和柱状物质的、多个所述柱状物质的轴成为平行地所述柱状物质在所述背景物质中周期地排列而成的二维晶格结构的光子晶体;
- 15

所述光子晶体的所述柱状物质的轴方向上的所述背景物质与所述柱状物质两方的折射率分布或仅为所述背景物质的折射率分布,具有极大值点;

- 在所述光子晶体的所述柱状物质的轴方向上的所述背景物质与所述柱状物质两方的折射率分布或仅为所述背景物质的折射率分布中,越接近所述光子晶体的端部折射率越低。
- 20

28. 如权利要求27所述的光学装置,其特征在于:所述背景物质与所述柱状物质的所述折射率分布,从极大值点的位置开始在两端部方向上成非对称分布。

- 25      29. 如权利要求27所述的光学装置,其特征在于:

所述光子晶体,在所述柱状物质的轴方向端面的一侧设有基片;

从所述极大值点朝所述光子晶体的所述端面方向的所述背景物质与所述柱状物质的所述折射率的下降率,在所述基片侧较高。

30. 如权利要求27所述的光学装置, 其特征在于: 所述极大值点, 在所述光子晶体的厚度方向的中点以外。

31. 如权利要求27所述的光学装置, 其特征在于: 所述柱状物质是空气。

5 32. 如权利要求27所述的光学装置, 其特征在于:

所述光子晶体, 在所述柱状物质的轴方向的端面的一侧设有基片;

所述基片的折射率, 比所述背景物质的折射率低, 比所述柱状物质的低或相同。

10 33. 如权利要求32所述的光学装置, 其特征在于:

所述光子晶体的所述柱状物质为空气;

在所述背景物质中形成空孔;

所述基片中, 延续存在跟作为所述柱状物质的空孔相同形状与排列的柱状的空孔, 且所述延续存在的空孔不贯穿所述基片。

15 34. 一种光学装置, 其中设有: 具有背景物质中形成多个柱状空孔的、多个空孔的轴相互平行、所述空孔在所述背景物质中周期地排列而成的二维晶格结构的光子晶体, 以及与所述光子晶体紧贴的基片;

其特征在于: 在所述基片与所述光子晶体连接的面上, 形成沟槽。

20 35. 如权利要求34所述的光学装置, 其特征在于: 所述沟槽为用以固定光纤的V形槽。

36. 如权利要求34所述的光学装置, 其特征在于: 所述光子晶体和所述光学装置用基片一体化后, 进而被原样设置在填充气体或液体的填充物质的气密容器中, 所述沟槽与所述空孔中充满所述填充物质。

25 37. 一种光学装置的制造方法, 该光学装置中所设的光子晶体具有包含折射率不同的背景物质和柱状物质, 多个所述柱状物质的轴平行地、所述柱状物质在所述背景物质中周期地排列而成的二维晶格结构;

所述方法包括如下步骤:

在制作用基片上形成所述背景物质;

通过在所述背景物质的周期排列的所述柱状物质的排列位置上形成空孔来制作光子晶体;

在所述背景物质的所述制作用基片形成侧的对侧,形成光学装置用

5 基片;

除去所述制作用基片。

## 光学装置及其制造方法

## 5 技术领域

本发明涉及采用光子晶体的光学装置及其制造方法。

## 背景技术

关于作为传统光学装置的利用MMI (Multi-Mode Interference: 多模干涉)型非对称Y分支的光分支器,用图21说明如下。光分支器由输入侧光波导120, MMI装置121, 输出侧光波导122构成。输出侧光波导122分支为导引光的第一输出部件123和第二输出部件124。该光分支器能够以MMI装置121的出射端的输出侧光波导122的第一输出部件123和第二输出部件124之间的间隔 $g$ 和MMI装置121的入射端宽度的变化量 $\Delta$ 为参量,对分支特性进行控制。

经由输入侧光波导120传送的单模光,通过MMI装置121分解为0次模(单模)和2次模(多模)。进而,调整0次模和2次模的传输速度之差,将MMI装置121的长度 $h$ 最佳化,以使0次模和2次模的波形中央的波腹的一部分互相抵消。由此,在MMI装置121的出射端只剩下2次模的波腹的一部分,它们的间隔为数 $\mu\text{m}$ ,通过输出侧光波导122,达到实用的分离距离( $>100\mu\text{m}$ )而被分离。这里,MMI装置121形状对称的场合,即变化量 $\Delta=0$ 的场合,该光分支器的分支比 $=1$ ,为等分支。并且,若将MMI装置121设为非对称形(变化量 $\Delta>0$ ),由于分布于MMI装置121的减少的一侧即第二输出部件124侧的光量减少,第一输出部件123中传输的光量增加,第二输出部件124中传输的光量相应地减少。如此,可以通过控制变化量 $\Delta$ 来控制分支比。图22表示透射损耗与分支比相对于变化量 $\Delta$ 的关系。再有,分支比设为:第一输出部件123的输出/第二输出部件124的输出。由图22

不难明白,通过使变化量 $\Delta$ 在 $0 \sim 5 \mu\text{m}$ 的范围内变化,分支比可在 $1 \sim 3$ 的范围内,这时的透射损耗为 $0.2\text{dB}$ 左右。

接着,参照图23就传统的光耦合器进行说明。采用Y分支波导的  
传统的光耦合器,由第一输入侧光纤131、第二输入侧光纤132、在  
5 基片133上形成Y状纤芯134的耦合部分137与输出侧光纤136构成。

同相位的入射光分别入射到第一输入侧光纤131和第二输入侧  
光纤132时,从第一输入侧光纤131和第二输入侧光纤132进入耦合部  
分137被耦合的两束入射光,分别沿纤芯134的形状耦合成0次模,  
从输出侧光纤136出射。这时,出射光的功率等于分别从第一输入侧  
10 光纤131和第二输入侧光纤132入射的入射光的功率之和,耦合器正  
常工作。

传统的光分支器的分支比,如上所述,由MMI装置121的形状决  
定,因此,在光分支器制成后即装置化后,必要时不能动态地改变  
分支比。

15 并且,最大限度只能使分支比变化到3。另外,为了将MMI装置121  
的输出端处的数 $\mu\text{m}$ 左右的分离距离扩展到实用的分离距离,使输出  
侧光波导122处,需要有厘米量级的长度,这样就难以避免输出侧光  
波导122处的损耗增大及装置化时的大型化。

另一方面,在光耦合器中,跟光分支器一样也不能动态地改变  
20 耦合比。并且,由于跟分支角度一样,耦合角度最大限度为 $2^\circ$ 左右,  
耦合器长度不能缩短,只能做得很大型化。

并且,还存在这样的问题:使光只入射到传统的光耦合器的第  
一输入侧光纤131或第二输入侧光纤132中的任一方时,入射光的0次  
模在Y型的根部件135处使0次模和1次模激振,由于在输出侧发射1次  
25 模,从输出侧光纤136只能出射入射光0次模的一半功率。

另外,也存在这样的问题:由于传统的光分支器或光耦合器采用  
光波导结构,在光纤和所述光波导之间需要高度的光轴对准和模的  
形状匹配,需要工人有熟练的装配技术。

## 发明内容

本发明鉴于上述问题而提出，旨在提供在装置化后仍可动态地改变分支比或耦合比的光分支器或光耦合器等可小型化且容易制作的  
光学装置及其制造方法。

- 5       本发明的光学装置中设有：通过周期地配置折射率不同的多种物质而具有周期性折射率分布的光子晶体，用以将光入射至所述光子晶体的输入侧光波导，以及将来自所述光子晶体的光出射的输出侧光波导；并设有使所述光子晶体和所述输入侧光波导与所述输出侧光波导中至少一个之间的相对位置发生改变的外部驱动部件。由此，可实现不需要采用对制作精度要求高的光波导的、可动态改变  
10       分支比或耦合比的、低损耗的光学装置。

并且，所述光子晶体可以是将折射率分布的周期结构不同的两种光子晶体在接合面接合而成的复合光子晶体。

- 并且，所述光子晶体最好具有由多个不同的折射率的物质周期  
15       地排列构成的二维或三维的晶格结构，且用基本格矢构成的一组二维晶格结构是不具有大于3次的旋转对称轴的晶格结构。该光子晶体固有的波长的光在所述光子晶体的基本格矢方向入射时会发生偏转（偏转分散特性），因此，能够制作可小型化的、光耦合器或光分支器等的光学装置。

- 20       并且，所述光子晶体最好包含折射率不同的背景物质和柱状物质，具有所述柱状物质在所述背景物质中周期地排列的二维晶格结构，多个所述柱状物质的轴相互平行，所述光子晶体的各基本格矢间的角度这样构成，锐角侧的角度大于 $60^\circ$ 而小于 $90^\circ$ 。由此，构成二维结构的、显示偏转分散特性的所述光子晶体，因此，能够容  
25       易地制造可小型化的、光耦合器或光分支器等光学装置。

并且，所述光子晶体的晶格常数最好设为在所述光子晶体中偏转的固有光波长的 $0.4 \sim 0.6$ 。由此，通过光子晶体传输的固有光产生偏转。

并且,所述柱状物质的断面形状是圆形,所述圆形的半径可以是偏转的固有光的波长的 $0.08 \sim 0.3$ 倍。

5 并且,最好设有用以监测在所述输出侧光波导中传输的光量并将它信号化的监测部件,以及接收表示来自所述监测部件的所述光量的信号、计算处理出所述光量原来的值,控制外部驱动部件、使各所述输出侧光波导中传输的光量成为所要的值的计算控制部件。由此,可以实现能将耦合比或分支比的值加以固定的光学装置。

10 并且,对于所述接合面,所述的两种不同光子晶体各自的至少一个基本格矢的方向最好在同一方向,并跟所述复合光子晶体的接合面平行;所述输入侧光波导的光轴方向,跟所述的至少一个基本格矢的方向相同。由此,能够实现分支角或耦合角大的光分支器或光耦合器等的光学装置。因此,能够使光学装置小型化。

并且,所述各光子晶体的基本格矢中,不与所述接合面平行的基本格矢可以分别对于所述接合面对称。

15 并且,最好这样:所述输入侧光波导为一个,所述输出侧光波导为两个;所述输入侧光波导最好设置在所述复合光子晶体的端面,以使所述输入侧光波导的光轴位于所述复合光子晶体的接合面的附近;所述输出侧光波导,最好设置在所述复合光子晶体的所述输入侧光波导的设置侧的对面,分别设于对所述接合面成对称的位置;根据由所述外部驱动部件产生的、所述接合面和所述输入侧光波导的光轴之间的偏移量,能够使来自输入侧光波导的入射光以所要求的分支比分支,然后向各输出侧光波导出射。由此,能够动态地使分支角改变,实现分支角度大的光分支器。

20

25 并且,可以让所述外部驱动部件具备这样的能力:使所述复合光子晶体或所述输入侧光波导在所述接合面的垂直方向移动。

并且,最好设有监测部件和计算控制部件。前者监测在各所述输出侧光波导中传输的光量并进行信号化;后者接收表示来自所述监测部件的所述光量的信号,与在所述各输出侧光波导中传输的所

要的分支比进行比较计算,并控制外部驱动部件以使所述各输出侧光波导中传输的光量达到所要的分支比。由此,能够用反馈控制进行高精度的控制,实现可维持所要求分支比的光分支器。

5 并且,最好这样:所述输入侧光波导设为两个,所述输出侧光波导设为一个;所述输出侧光波导设置在所述复合光子晶体的端面,以使所述输出侧光波导的光轴位于所述复合光子晶体的接合面附近;所述输入侧光波导设置在所述复合光子晶体的所述输出侧光波导设置侧的对面;它们分别设置在相对于所述接合面成为对称的位置,从而可以通过所述接合面和所述输出侧光波导的光轴之间的偏移量,将从各输入侧光波导入射的光按各所要的耦合比耦合,然后  
10 出射至输出侧光波导。由此,能够使耦合角度动态地改变,实现耦合角度大的光耦合器。

并且,可以让所述外部驱动部件具备这样的能力:使所述复合光子晶体或所述输出侧光波导在所述接合面的垂直方向上移动。

15 并且,最好设有监测部件和计算控制部件。前者监测在所述输出侧光波导中传输的光量并进行信号化;后者接收表示来自所述监测部件的所述光量的信号,将所述各输出侧光波导中传输的光量与所要的耦合比确定的光量进行比较计算,并控制外部驱动部件以使所述各输出侧光波导中传输的光量达到所要的值。由此,能够用反  
20 馈控制进行高精度的控制,实现可维持所要求耦合比的光耦合器。

并且,最好这样:能够以所述输入侧光波导作为输出侧、所述输出侧光波导作为输入侧使用,在探测光的输入输出方向后,所述外部驱动部件进行控制,使所述接合面和所述输入侧光波导或所述输出侧光波导的光轴之间的偏移量达到最佳。由此,一个光学装置  
25 既可作为分支器又可作为耦合器使用。

并且,最好这样:输入侧设两个光波导,输出侧设一个光波导,所述输入侧光波导的各光轴设置在所述光子晶体的端面,使它们跟所述光子晶体的任一个基本格矢的方向平行;所述输出侧光波导设

置在所述光子晶体的所述输入侧光波导的设置侧的对面，其光轴跟所述输入侧光波导的任一个光轴相同；所述外部驱动部件使其光轴跟所述输出侧光波导的光轴不同的输入侧光波导，在与所述输出侧光波导的光轴垂直的方向移动。由此，可以用简单的结构，实现使输入光的光量动态变化而复合的可变增益Add装置（可变增益光复合装置）。

并且，各所述输入侧光波导之间的距离最好和所述光子晶体的光行进方向上的长度大致成比例。这样，在来自输入侧光波导的两支入射光中一个直行、一个发生偏转的场合，它们在光子晶体的端面被耦合后，经输出侧光波导传输。

并且，可以让其光轴跟所述输出侧光波导的光轴相同的所述输入侧光波导传输多个光，而让另一输入侧光波导只传输在所述光子晶体中偏转的固有光。

并且，最好设有监测部件和计算控制部件。前者监测在所述输出侧光波导中传输的光量并进行信号化；后者接收表示来自所述监测部件的所述光量的信号，基于所要的光耦合比和所述光量进行计算处理，将所述输出侧光波导中传输的光量和根据所要的耦合比确定的光量进行比较计算，并控制外部驱动部件以使所述输出侧光波导中传输的光量达到所要的值。由此，能够用反馈控制进行高精度的控制，能够维持所要求的耦合比。

并且，可以这样：设两个输入侧光波导、一个输出侧光波导，所述输入侧光波导各自的光轴设置在所述光子晶体的端面，与所述光子晶体的任一个基本格矢的方向相平行；所述输出侧光波导设置在所述光子晶体的所述输入侧光波导设置侧的对面，其光轴跟所述输入侧光波导的任一个光轴相平行并在其附近；所述外部驱动部件，使具有设于所述输出侧光波导光轴的附近的光轴的输入侧光波导在与所述光轴垂直的方向移动。

并且，可以让各所述输入侧光波导间的距离，跟所述光子晶体

的光的行进方向的长度大致成比例。

并且，可以让其光轴靠近所述输出侧光波导光轴的光轴的所述输入侧光波导输进多个光，而让另一输入侧光波导只传输在所述光子晶体中偏转的固有光。

- 5 并且，可以设有监测部件和计算控制部件。前者监测在所述输出侧光波导中传输的光量并进行信号化；后者接收表示来自所述监测部件的所述光量的信号，基于所要的光耦合比和所述光量进行计算处理，将所述输出侧光波导中传输的光量和根据所要的耦合比确定的光量进行比较计算，并控制外部驱动部件以使所述输出侧光波
- 10 导中传输的光量达到所要的值。

- 本发明的另一光学装置中设有：由折射率不同的多种物质周期地配置而成的、折射率周期分布的光子晶体，用以将光入射到所述光子晶体的输入侧光波导，以及用以将光从所述光子晶体出射的输出侧光波导；所述光子晶体，是折射率分布的周期结构不同的两种
- 15 光子晶体在接合面上接合而成的复合光子晶体，所述复合光子晶体中设有折射率不同的背景物质和柱状物质；多个所述柱状物质的轴相互平行地、所述柱状物质周期地排列在所述背景物质中形成的二维晶格结构，所述各光子晶体的一个基本格矢相互平行，并与所述接合面相平行；所述各光子晶体的各基本格矢间的角度相同，其锐角侧的角度大于 $60^\circ$ 、小于 $90^\circ$ ，所述各光子晶体的晶格常数不同，
- 20 所述输入侧光波导设置在所述光子晶体的面上，所述输入侧光波导的光轴包含于所述接合面。由此，光分支器能够得以实现。

并且，所述各光子晶体的柱状物质可以是同一种类的材料，所述各光子晶体的柱状物质可以被一起设置在所述接合面上。

- 25 本发明的又一光学装置，设有折射率不同的背景物质和柱状物质，多个所述柱状物质的轴相互平行地排列、所述柱状物质周期地在所述背景物质中形成具有二维晶格结构的光子晶体；所述光子晶体的所述柱状物质的轴方向上，所述背景物质和所述柱状物质两方

的折射率分布，或只是所述背景物质一方的折射率分布具有极大值点；所述光子晶体的所述柱状物质的轴方向上，所述背景物质与所述柱状物质两方的折射率分布，或只是所述背景物质一方的折射率分布，越靠近所述光子晶体的端部，折射率越低。由此，增大复合光子晶体内光的“关入”效果，减少损耗。

并且，所述背景物质与所述柱状物质的所述折射率分布，最好从极大值点的位置开始在两端部件方向上非对称。由此，能够调整光子晶体厚度方向上光的分布。

并且，可以这样：所述光子晶体在所述柱状物质的轴方向的端面的任一侧设有基片，将从所述极大值点朝向所述光子晶体的所述端面方向的所述背景物质与所述柱状物质的所述折射率的下降率，在所述基片一侧设置得较高。

并且，所述极大值点最好位于所述光子晶体的厚度方向的中点以外。由此，能够调整光子晶体的厚度方向的光所集中的位置。

并且，所述柱状物质最好是空气。由此，所述柱状物质的折射率成为定值。

并且，可以这样：所述光子晶体在所述柱状物质的轴方向的端面的任一侧设有基片，所述基片的折射率比所述背景物质的折射率低，比所述柱状物质低或者相同。

并且，所述光子晶体的所述柱状物质最好是空气，在所述背景物质中形成空孔，和作为所述柱状物质的空孔相同形状与排列的柱状的空孔在所述基片上延续存在，且所述延续存在的空孔不贯通所述基片。由此，增强光子晶体内的光的“关入”效果。

本发明的另一光学装置中设有，在背景物质中形成多个柱状空孔的、多个空孔的轴平行地所述空孔在所述背景物质中周期地排列而成的二维晶格结构的光子晶体，以及跟所述光子晶体紧贴的基片；所述基片跟所述光子晶体连接的面上，形成有沟槽。由此，减少了折射率高的基片与光子晶体向连接的面积，增强了光的“关入”效

果。

并且，所述沟槽最好是固定光纤用的V形槽。由此，能够将光纤固定，从而能够制造光纤的位置对准容易的光学装置。

5 并且，最好进一步将所述光子晶体和所述光学装置用基片一体化后原封不动地设置在充满气体或液体的填充物质的气密容器中，使所述沟槽和所述空孔内充满所述填充物质。由此，通过用折射率低的材料作为填充物质，使所述光子晶体周围的折射率降低，从而增强光的“关入”效果。

10 本发明的光学装置的制造方法，涉及这样的光学装置：即含有折射率不同的背景物质和柱状物质的、具有所述柱状物质以多个所述柱状物质的轴平行的方式周期地在所述背景物质中排列而成的二维晶格结构的光子晶体的光学装置；在制作用基片上形成所述背景物质，在所述背景物质的周期排列的所述柱状物质的排列位置处形成空孔，进行光子晶体的制作；在所述背景物质的形成所述制作用基片的对侧，形成光学装置用基片。由此，容易实现光子晶体的装置化。因此，能够容易地制造设有光子晶体的光学装置。

15

#### 附图说明

图1是表示本发明实施例1的光学装置的结构平面图；

20 图2是本发明实施例1的光学装置的测定结果的示图；

图3是表示本发明实施例2的光学装置的结构平面图；

图4是表示本发明实施例1与2的光学装置的分支比和透射损耗的关系的曲线图；

图5是表示本发明实施例3的光学装置的结构平面图；

25 图6是说明本发明实施例4的光学装置的平面图；

图7是表示本发明实施例5的光学装置的结构平面图；

图8是表示本发明实施例6的光学装置的结构平面图；

图9是表示本发明实施例7的光学装置的结构平面图；

图10是表示本发明实施例8的光学装置的结构平面图;

图11是表示本发明实施例9的光学装置的结构平面图;

图12是表示本发明实施例10的光学装置的结构平面图;

图13是本发明实施例10的光学装置的入射光和出射光的光谱图;

5 图14是表示本发明实施例11的光学装置的结构平面图;

图15是本发明实施例11的光学装置的入射光和出射光的光谱图;

图16是表示本发明实施例12的光学装置的结构平面图;

10 图17是表示本发明实施例13的光学装置的光子晶体和基片的结构侧断面图;

图18是本发明实施例13的光学装置的光子晶体的折射率分布图;

图19是本发明实施例14的光学装置的光子晶体的装置化构成图;

15 图20是本发明实施例14的光学装置的光子晶体的另一装置化构成图;

图21是表示传统的光分支器的结构的平面图;

图22是表示传统的光分支器中的分支比和透射损耗的关系的曲线图;

20 图23是表示传统的光耦合器的结构的平面图。

#### (符号说明)

1、1a、1b、83	背景物质
2、2a、2b、82	柱状物质
6、6a、46	复合光子晶体
25 7、7a、47	第一光子晶体
8、8a、48	第二光子晶体
9、30、49、50、60a、60b	外部驱动部件
10、10a	输入侧光纤

	11、11a	第一输出侧光纤
	12、12a	第二输出侧光纤
	15	第三输出侧光纤
	13、13a、53	接合面
5	14、14a、54、54a、61、64	光轴
	16	入射光
	17、18、19、20、21、22、57、57a、58、58a	行进方向
	31	第一监测部件
	32	第二监测部件
10	33、33a、63	计算控制部件
	21、22	路线
	40、40a、136	输出侧光纤
	41、41a、131	第一输入侧光纤
	42、42a、132	第二输入侧光纤
15	47a	光子晶体
	31a、61a	监测部件
	62	基准光轴
	80、101	光子晶体
	81、100、133	基片
20	102	V形槽
	103	带V形槽基片
	104	气密容器
	105	填充物质
	110	凹字型基片
25	111	凸起部分
	120	输入侧光波导
	121	MMI装置
	122	输出侧光波导

	123	第一输出部件
	124	第二输出部件
	134	纤芯
	135	Y形根部
5	137	耦合部分

## 具体实施方式

### (实施例1)

10 用图1对本发明实施例1的光学装置进行说明。实施例1中的光学装置是分支比可变的光分支器。如图1所示，实施例1中的光学装置，输入侧光纤10设置在复合光子晶体6的一端，在复合光子晶体6的另一端，设置第一输出侧光纤11和第二输出侧光纤12。并且，复合光子晶体6上设有驱动部件9，能够在相对于输入侧光纤10的光轴14的垂直方向驱动复合光子晶体6。

15 复合光子晶体6由第一光子晶体7和第二光子晶体8以接合面13接合而成。

所谓光子晶体，就是折射率具有光的波长大小的周期性的人工的多维周期结构体。通过使该周期性改变，能够制作具有所要的光学特性的光子晶体。

20 第一光子晶体7与第二光子晶体8，是二维结构的光子晶体，具有圆柱形的柱状物质2周期地配置在背景物质1中的结构。各柱状物质2的中心轴，全部平行地配置。第一光子晶体7和第二光子晶体8中的背景物质1和柱状物质2均为相同材料。第一光子晶体7和第二光子晶体8的晶格结构，对于接合面13成镜面对称。

25 用第一光子晶体7的基本格矢  $(a_1, a_2)$  和第二光子晶体8的基本格矢  $(a_1', a_2')$ ，就第一光子晶体7和第二光子晶体8的晶格结构一个具体例子进行说明。第一光子晶体7和第二光子晶体8的第一基本格矢  $a_1, a_1'$ ，跟复合光子晶体6的接合面13平行，第一光子晶体7的第

二基本格矢 $a_2$ 和第二光子晶体8的第二基本格矢 $a_2'$ ，对于接合面13相互对称。

5 第一光子晶体7和第二光子晶体8，均具有对称性差的斜交晶格结构，对于接合面13成对称，因此，基本格矢 $a_1$ 和基本格矢 $a_2$ 构成的角度和基本格矢 $a_1'$ 和基本格矢 $a_2'$ 构成的角度相等，其角度的锐角侧的角度 $(180 - \theta_a)^\circ$ 、 $(180 - \theta_a')^\circ$ 大于 $60^\circ$ 小于 $90^\circ$ 。

柱状物质2间的距离即晶格常数 $a$ 的大小为入射光波长的 $0.4 \sim 0.6$ ，构成所述第一和第二光子晶体7、8的柱状物质2的半径 $r$ 为入射光波长的 $0.08 \sim 0.3$ 倍。该入射光是在光子晶体中偏转的预定的光。  
10 再有，作为二维光子晶体的结构，例如，可以是在聚合物或玻璃等的背景物质1中设置空孔的结构。由此，构成柱状物质2为空气的二维光子晶体。作为另一构成，例如，可以在Si、GaAs或 $Ti_2O_3$ 等的折射率为3左右的背景物质1中，分布聚合物或玻璃等折射率为1.5左右的柱状物质2。作为聚合物材料，可以列举：丙烯酸类（PMMA、UV丙烯酸酯聚合物等）、环氧类、聚酰亚胺类、硅类、碳酸酯类（聚碳酸酯）等树脂。  
15

并且，由于光子晶体的特性主要取决于背景物质1与柱状物质2的折射率，可以采用上述材料以外的满足上述折射率条件的固体（例如，氧化物等全部电介质）、液体（例如，水或乙二醇等）或气体（例如，空气或惰性气体等）的材料，进行所要的光子晶体的制作。  
20

再有，复合光子晶体6中可以设置基片与包层，例如，其折射率可以比背景物质1低，比柱状物质2低或与之相同。

输入侧光纤10的光轴14，和第一光子晶体7与第二光子晶体8的基本格矢 $a_1$ 、 $a_1'$ 的方向相同，设置在接合面13附近。第一输出侧光纤11，设置在第一光子晶体7的端面，第二输出侧光纤12，设置在第二光子晶体8的端面。  
25

在基本格矢方向入射的前述的预定光在对称性差的晶格结构的光子晶体中偏转的现象，已为人们所知（可参照信学技报 TECHNICAL

REPORT OF IBICE. OPE 2001-107 (2001-12) 「采用条形波导型低折射率调制光子晶体的光功能装置」)。所谓对称性差的晶格结构, 二维晶格的场合, 是指如上述的第一光子晶体7与第二光子晶体8那样、其基本格矢之间的角度的锐角侧的角度为大于 $60^\circ$ 、小于 $90^\circ$ 的光子晶体。据知, 这样的光子晶体具有较强的波长分散特性, 具体角度取决于波长, 但入射光一般可以有 $10^\circ$ 左右的偏转。

再有, 如果是具有由基本格矢构成的一组二维晶格结构不具有大于3次的旋转对称轴的晶格结构的光子晶体, 无论是二维晶格结构还是三维晶格结构, 均具有偏转分散特性, 因此同样可用来形成光学装置。

以预定的波长的基本格矢 $a_1$ 方向的预定光入射到第一光子晶体7时, 该入射光向行进方向17所示的方向偏转; 同样地, 入射到第二光子晶体的预定波长的光, 向行进方向18所示的方向偏转。分别调整光子晶体的结构来制作第一光子晶体7和第二光子晶体8, 以获得上述所要的特性。

由于复合光子晶体6是第一光子晶体7和第二光子晶体8以接合面13接合而成, 如果在接合面13通过输入侧光纤10入射预定波长的光, 在第一光子晶体7侧和第二光子晶体8侧, 分别各入射一半, 入射光16分离, 在复合光子晶体6中的行进方向17、18传输, 然后从端面出射。如此, 形成光分支器, 由于光子晶体中有 $10^\circ$ 左右的偏转, 分支角度成为 $20^\circ$ 左右。也就是, 相当于数百 $\mu\text{m}$ 左右的长度, 达到传统的分支器的10倍以上的分离距离。因此, 与传统的分支器相比, 能够进一步小型化。

第一输出侧光纤11, 设置在进入第一光子晶体7中的光出射的部位; 同样地, 第二输出侧光纤12, 设置在进入第二光子晶体8中的光出射的部位。

并且, 输入侧光纤10的光轴14为接合面13包含的场合, 为等分支, 如图1所示, 在接合面13对光轴14偏移的场合, 光的分支比随这

种偏移的程度而不同。也就是，光轴14从接合面13偏移而位于第二光子晶体8侧时，与第一输出侧光纤11相比，第二输出侧光纤12的输出增大。

5 实施例1中的光学装置，设有相对于接合面13在垂直方向驱动复合光子晶体6的外部驱动部件9。用外部驱动部件9能够驱动复合光子晶体6，将光轴14从接合面13错开，可以对光的分支比进行控制。分支比决定于入射到第一光子晶体7侧和第二光子晶体8侧的入射光的部分比。从而，相当于复合光子晶体6的移动量的光轴14和接合面13之间的距离 $d$ ，不需要在输入侧光纤10的纤芯半径 $r_f$ （例如，约 $4\mu\text{m}$ ）  
10 以上，因此，外部驱动部件9，只要达到纤芯半径 $r_f$ 的驱动范围，也就是具有该范围内的驱动能力即可。外部驱动部件9，例如，可以用MEMS (micro electro-mechanical systems)、压电元件或马达（步进马达或超声波马达等）等来构成。

如此，通过外部驱动部件9，控制复合光子晶体6的接合面13和  
15 入射侧光纤10的光轴14之间的相对位置，从而能够控制入射到第一光子晶体7侧的分量和入射到第二光子晶体8的光的分量之间的比例。因此，能够使入射光以 $20^\circ$ 左右的分支角分支，而且能够动态地改变分支比。

图2表示实施例1中的光学装置的模拟结果。此时，光轴14偏向  
20 第二输出侧光纤12侧。图2(a)所示的，是复合光子晶体6的移动量 $d$ 和输入侧光纤10的纤芯半径 $r_f$ 的关系为 $d/r_f = 0.5$ 的情况。由图示可知，从左侧的输入侧光纤直行过来的光，在复合光子晶体中分支，在位于右侧上下的各输出侧光纤中再次成为直行。并且可知，上方的第二输出侧光纤具有高输出功率。另一方面，图2(b)所示的是 $d/r_f = 1.0$ 的情况。由图示可知，从左侧的输入侧光纤直行过来的光，在  
25 复合光子晶体中向上方偏转，进入右侧的第二输出侧光纤后再次直行。而下方的第一输出侧光纤中，没有光被传输。

另外，传统的分支比可变光分支器的分支比最大限度为3左右，

与此形成对比, 实施例1中的分支比可变光分支器, 保持跟传统水平相当的透射损耗, 而其分支比能够达到3以上。

5 并且, 第一光子晶体7和第二光子晶体8晶格结构不同, 但它们对于接合面13是对称的, 例如, 第一光子晶体7反转后就成为跟第二光子晶体8相同的晶格结构。因此, 可以通过制作一种光子晶体来获得第一光子晶体7和第二光子晶体8, 从而可以节省制作工时。并且, 能够满足分支比不同的任意系统的要求, 且在同一系统内必要时能够动态地改变分支比, 因此, 能够用简单的结构实现用传统的MMI的分支比可变分支器难以实现的动态分支比可变光分支器。

10 再有, 以上就二维结构的光子晶体作了描述, 但是本发明也可以采用三维结构的光子晶体。

### (实施例2)

15 用图3就本发明实施例2的光学装置进行说明。实施例2中的光学装置中, 设有使输入侧光纤10在与光轴14垂直的方向移动的外部驱动部件30, 取代实施例1的光学装置中的使复合光子晶体6移动的外部驱动部件9。

20 实施例2的光学装置中, 通过外部驱动部件30使输入侧光纤10移动, 使光轴14和接合面13之间产生偏移, 来控制光的分支比。分支比, 决定于入射到第一光子晶体7侧和第二光子晶体8侧的入射光的部分比。跟实施例1一样, 复合光子晶体6的接合面13和光轴14的距离 $d$ , 达到纤芯半径 $r_f$ 即可, 外部驱动部件30, 例如, 可以用MEMS、压电元件或马达(步进马达或超声波马达等)等构成。

25 图4中, 表示了实施例1的光学装置和实施例2的光学装置之间的分支比与透射损耗的关系。虚线代表实施例1中的光学装置, 点划线代表实施例2中的光学装置, 它们表示透射损耗相对于 $d/r_f$ 的变化关系,  $d/r_f$ 是用输入侧光纤1的半径 $r_f$ 归一化的输入侧光纤10的光轴14和复合光子晶体6的接合面13之间的距离 $d$ 。并且, 实线表示对于 $d/r_f$ 的分支比。

由图4可知, 实施例1中的光学装置的透射损耗与 $d/r_f$ 无关, 具有 $-0.4[\text{dB}]$ 以上的良好特性, 与此形成对比, 实施例2中的光学装置的透射损耗, 在 $d/r_f$ 大于0.3处, 透射损耗急剧增大。

这是因为, 实施例1中, 由于是复合光子晶体6被驱动, 输入侧  
5 光纤10跟各第一、第二输出侧光纤11、12之间的位置关系不发生变化, 但在实施例2中, 由于是输入侧光纤10被驱动, 输入侧光纤10跟各第一、第二输出侧光纤11、12之间的位置关系会发生变化。也就是, 由于复合光子晶体6的输出侧的端面处的出射位置, 随输入侧光纤10的移动而移动, 实施例2中的光学装置, 复合光子晶体6和第一、  
10 第二输出侧光纤11、12之间不能很好地耦合。为改善这种情况, 可以在输入侧光纤10被驱动的同时使第一输出侧光纤11和第二输出侧光纤12也被驱动, 这样一来, 透射损耗就不会增加。

再有, 如采用传统的MMI的分支比可变分支器的3左右的分支比, 对于实施例2中的光学装置, 其透射损耗也足够低, 也有跟实施例1  
15 中的光学装置相当的透射损耗。

### (实施例3)

以下, 用图5就本发明实施例3的光学装置进行说明。实施例3的光学装置, 在实施例1的光学装置中, 增加了第一监测部件31、第二监测部件32与计算控制部件33, 在输出侧的光量的监测中采用反馈  
20 方法, 使分支控制的精度得以提高。

监测进入第一输出侧光纤11传输的光的光量的第一监测部件31, 设置在第一输出侧光纤11上, 监测进入第二输出侧光纤12中传输的光的光量的第二监测部件32设置在第二输出侧光纤12。并且, 第一监测部件31与第二监测部件32, 分别将所监测的第一、第二输出侧光纤11、12中传输的光的光量信号化, 传送给计算控制部件33。  
25

计算控制部件33用来控制外部驱动部件9, 它给外部驱动部件9指示复合光子晶体6的驱动量, 以使光的分支比达到所要的值。按照计算控制部件33的指示, 外部驱动部件9驱动复合光子晶体6, 使光

轴14和接合面13之间的距离 $d$ 成为适当的值。基于来自第一、第二监测部件31、32的分别指示第一、第二输出侧光纤11、12的光量的信号，计算控制部件33控制外部驱动部件9，使光量达到所要的分支比。

5 例如，外部环境的变化等会引起分支比的变化，因此可能会得到跟所要的分支比不同的结果。但是，被分支的光的光量，由第一监测部件31与第二监测部件32监测，并将其信号送给计算控制部件33，因此，计算控制部件33对该变化量进行计算，给外部驱动部件9发送移动量的修正指示，以按照所要的分支比对光进行分支，调整光轴14和接合面13之间的距离 $d$ ，以达到所要的分支比。通过这样的  
10 反馈控制，所要的分支比得以维持，因此，可以提高分支比的精度，使分支比不依赖于外部环境变化而保持稳定。

如上所述，依据实施例3的光学装置，可容易地构成光分支器，而且其分支比是可变的，并且通过反馈控制可实现高精度的分支控制。

15 再有，由于被分支的各光量的关系只要测知就行，因此，第一监测部件31和第二监测部件32不需要直接监测在第一输出侧光纤11和第二输出侧光纤12中传输的光，可以在第一输出侧光纤11和第一监测部件31之间或第二输出侧光纤12和第二监测部件32之间插入其他的光学系统。

#### 20 (实施例4)

以下用图6说明本发明实施例4的光学装置。实施例4中的光学装置，具有和实施例1中的光纤相同的结构，但作为光开关使用。

如图4所示，从归一化移动量 $d/r_f$ 和分支比与透射损耗的关系可知， $d/r_f > 1$ 的场合，可以获得20以上的分支比。这里，消光比可以用  
25  $10 \times \log(\text{分支比})$ 表示，因此不难知道，这时的消光比为 $10 \times \log 20 = 13$  [dB] 以上。如消光比为13 [dB] 以上，则可认为只有来自一个输出侧光纤的光被输出，来自另一输出侧光纤的光不被输出。 $d/r_f > 1$ ，即让光轴14和接合面13之间的距离 $d$ 大于输入侧光纤10的纤芯

半径 $r_f$ ，就能够使得只是来自任一个输出侧光纤的光被传输。如图6所示，由于能够通过光轴14偏离接合面13的方向来选择传输光的输出侧光纤，该光学装置可以作为开关使用。

具体而言，如图6(a)所示，如果光轴14相对于接合面13，向第二输出侧光纤12一侧偏移量成为 $d/r_f > 1$ ，则入射光16偏向行进方向19，只入射到第二输出侧光纤12。相反地，如图6(b)所示，如果光轴14相对于接合面13，向第一输出侧光纤11侧偏移量成为 $d/r_f > 1$ ，则入射光16偏向行进方向20，只入射至第一输出侧光纤11。

再有，由于 $d/r_f$ 值越大所显示的开关功能（大的消光比）越好，如果只利用开关功能，即使复合光子晶体6的驱动量小的场合，如果光纤的纤芯径 $r_f$ 相应地减小，能够获得充分的消光比。

再有，作为光开关，复合光子晶体6的驱动次数与驱动量，要作为光分支器大，因此，在输入侧光纤10、第一的输出侧光纤11与第二输出侧光纤12的各光纤和复合光子晶体6之间的接触部件处设微小间隙，可以减少驱动故障。

#### (实施例5)

用图7说明本发明实施例5的光学装置。实施例5的光学装置，是将所要波长的光的一部分分离的所谓的Drop装置。

实施例5中的光学装置，如图7所示，输入侧光纤10a设于复合光子晶体6a的一端，在复合光子晶体6a的另一端，设置第一输出侧光纤11a、第二输出侧光纤12a与第三输出侧光纤15。

复合光子晶体6a，由第一光子晶体7a和第二光子晶体8a在分界面13a处接合而成。第一光子晶体7a与第二光子晶体8a，是二维结构的光子晶体，具有圆柱形的柱状物质2a、2b周期地配置于背景物质1a、1b的结构。各柱状物质2a、2b的中心轴，全部平行地配置。第一光子晶体7a的背景物质1a和第二光子晶体8a的背景物质1b采用同一材料，柱状物质2a和柱状物质2b也采用同一材料。

用第一光子晶体7a的基本格矢 $(b_1, b_2)$ 和第二光子晶体8a的基

本格矢 ( $b_1'$ 、 $b_2'$ )对第一光子晶体7a与第二光子晶体8a的具体晶格结构示例进行说明。第一光子晶体7a和第二光子晶体8a的第一基本格矢 $b_1$ 、 $b_1'$ 的方向,跟输入侧光纤10a的接合面13a平行,第一光子晶体7a的第二基本格矢 $b_2$ 的方向和第二光子晶体8a的第二基本格矢 $b_2'$ 的方向,对于接合面13a成对称。

也就是,第一光子晶体7a的基本格矢 ( $b_1$ 、 $b_2$ )的角度 $\theta_b$ 跟第二光子晶体8a的基本格矢 ( $b_1'$ 、 $b_2'$ )的角度 $\theta_b'$ 相等,  $(180 - \theta_b)^\circ$ 与 $(180 - \theta_b')$ 。均为大于 $60^\circ$ 、小于 $90^\circ$ 的角度。

接合面13a上,柱状物质2a、2b同时存在。图7表示了,接合面13a上,柱状物质2a、2b之间相重叠的部分,但由于是一起用相同材料形成,相重叠的部分成为一体,该部位就不是圆柱形。

圆柱形的柱状物质2a的半径为 $r_a$ ,柱状物质2b的半径为 $r_b$ 。并且,柱状物质2a之间的距离为 $b$ ,柱状物质2b之间的距离为 $c$ 。实施例1中为 $r_a = r_b$ ,  $b = c$ ; 实施例5中为 $r_a > r_b$ ,  $b > c$ 。如此,使第一光子晶体7a和第二光子晶体8a的晶格结构不同,将各偏转的光的波长设为不同,按照使波长为 $f_1$ 、 $f_2$ 的光由第一、第二光子晶体7a、8a分别偏转的要求来形成晶格结构。再有,晶格常数 $b$ 与 $c$ 的大小为波长 $f_1$ 与 $f_2$ 的 $0.4 \sim 0.6$ ,  $r_a$ 与 $r_b$ 为 $f_1$ 与 $f_2$ 的 $0.08 \sim 0.3$ 倍。

例如,形成这样的晶格结构,使波长为 $f_1$ 的光在第一光子晶体7a中传输时发生 $10^\circ$ 偏转,波长为 $f_2$ 的光在第二光子晶体8a中传输时发生 $10^\circ$ 偏转。

输入侧光纤10a的光轴14a和第一光子晶体7a与第二光子晶体8a的基本格矢 $b_1$ 、 $b_1'$ 的方向相同,均包含在接合面13a内。第一输出侧光纤11a设置在第一光子晶体7a的端面,第二输出侧光纤12a设置在第二光子晶体8a的端面。第3输出侧光纤15,以光轴14a为中心轴设置在复合光子晶体6a的端面。

以下,说明波长 $f_1$ 的光的行进方向21和波长 $f_2$ 的光的行进方向22。从输入侧光纤10a进入的波长为 $f_1$ 、 $f_2$ 的两种光入射到复合光子

晶体时, 行进方向21所示波长 $f_1$ 的光内从接合面13 a入射到第一光子晶体7a旁的光被偏转, 在第一输出侧光纤11a中耦合。并且, 波长 $f_1$ 的光内从接合面13a入射到第二光子晶体8a旁的光, 仍然保持直行, 在第三输出侧光纤15中耦合。

- 5           另一方面, 行进方向22所示波长 $f_2$ 的光内, 从接合面13a入射到第二光子晶体8a旁的光被偏转, 在第二的输出侧光纤12a中耦合。并且, 波长 $f_2$ 的光内从接合面13a入射到第一光子晶体7a旁的光, 仍然保持直行, 在第三输出侧光纤15中耦合。

10           再有, 第一输出侧光纤11a, 第二输出侧光纤12a的设置位置, 按照使复合光子晶体6中被偏转光耦合的目的加以确定。

          再有, 在接合面13a上, 可以只存在第一光子晶体7a的柱状物质2a, 也可以只存在第二光子晶体8a的柱状物质2b。

- 15           如上所述, 依据实施例5的光学装置, 能够从两个不同的波长 $f_1$ 、 $f_2$ 的光的合成光中分离出波长 $f_1$ 的光的一部分和波长 $f_2$ 的光的一部分。并且, 该光学装置能够实现小型化。

### (实施例6)

- 20           以下, 用图8说明本发明实施例6的光学装置。实施例6中的光学装置, 是耦合比可变光耦合器。如图8所示, 实施例6中的光学装置中, 第一输入侧光纤41与第二输入侧光纤42设在复合光子晶体46的一端, 在复合光子晶体46的另一端, 设置输出侧光纤40。并且, 复合光子晶体46上设有外部驱动部件49, 它能够在相对于输出侧光纤40的光轴44的垂直方向, 驱动复合光子晶体46。

          复合光子晶体46中, 第一光子晶体47和第二光子晶体48在接合面53处接合, 各晶格结构相对于接合面53成镜面对称。

- 25           第一光子晶体47和第二光子晶体48, 跟实施例1的第一与第二光子晶体一样, 具有对称性差的斜交晶格结构。复合光子晶体46, 具有跟实施例1中采用的复合光子晶体相同的结构, 但是入射端和出射端采用相反的结构。也就是这样的结构, 从复合光子晶体46的入射

端侧在基本格矢 $c_1$ 、 $c_1'$ 方向入射的预定波长的光，在复合光子晶体46中向趋近该接合面53的方向（路线57、58）偏转。

5 以下，说明第一光子晶体47和第二光子晶体的具体结构。第一光子晶体47的基本格矢 $c_1$ 与基本格矢 $c_2$ 所构成的角度和第二光子晶体48的基本格矢 $c_1'$ 与基本格矢 $c_2'$ 构成的角度相等，该角度中的锐角侧角度 $\theta_c$ 、 $\theta_c'$ 大于 $60^\circ$ 、小于 $90^\circ$ 。

在背景物质1中其中心轴平行排列的圆柱形的柱状物质2的间距即晶格常数 $a$ 的大小为偏转的入射光波长的 $0.4 \sim 0.6$ 倍，构成第一和第二光子晶体47、48的柱状物质2的半径 $r$ 为偏转的入射光波长的  
10  $0.08 \sim 0.3$ 倍。再有，作为二维光子晶体的结构，例如，可以是在聚合物或玻璃等背景物质1中设置空孔。由此，构成柱状物质2为空气的二维光子晶体。作为另一结构，例如，可以是在Si、GaAs或 $Ti_2O_3$ 等折射率为3左右的背景物质1分布聚合物或玻璃等折射率为1.5左右的柱状物质2。作为聚合物材料，可以列举：丙烯酸类（PMMA、UV丙  
15 烯酸酯聚合物等）、环氧类、聚酰亚胺类、硅类、碳酸酯类（聚碳酸酯）等树脂。

并且，由于光子晶体的特性主要取决于背景物质1与柱状物质2的折射率，可以采用上述材料以外的满足上述折射率条件的固体（例如，氧化物等全部电介质）、液体（例如，水或乙二醇等）或气体（例如，空气或惰性气体等）的材料，进行所要的光子晶体的制作。  
20

再有，复合光子晶体46中可以设置基片与包层，例如，其折射率可以比背景物质1低，比柱状物质2低或与之相同。

输出侧光纤40的光轴54，和第一光子晶体47与第二光子晶体48的基本格矢 $c_1$ 、 $c_1'$ 的方向相同，设置在接合面53附近。第一输入侧  
25 光纤41，设置在第一光子晶体47的端面，第二输入侧光纤42，设置在第二光子晶体48的端面。在相对于输出侧光纤40的光轴54成对称的位置，设置第二输入侧光纤42和第一输入侧光纤41。从第一输入侧光纤41和第二输入侧光纤42入射到复合光子晶体46的光，在第一

光子晶体47和第二光子晶体48的基本格矢 $c_1$ 、 $c_1'$ 的方向入射。

从第一输入侧光纤41入射的光，是在第一光子晶体47中偏转的预定光，从第二输入侧光纤42入射的光，是在第二光子晶体48中偏转的预定光。

5       光轴54被包含于接合面53上的状态下，光从第一输入侧光纤41和第二输入侧光纤42，入射到第一光子晶体47和第二光子晶体48时，这些光向行进方向57与行进方向58所示的方向偏转、行进。两束光向接合面53靠近，在接合面53上耦合。各光的耦合比是1:1的等比率耦合。耦合光从复合光子晶体46入射至输出侧光纤40。这时的行进方向57、58构成的角度为耦合角，有20°左右，由于能够获得比传统的耦合器大10倍以上的耦合角，光耦合器的长度有可能被缩小。

10       实施例6的光学装置中，设有在接合面53的垂直方向驱动复合光子晶体46的外部驱动部件49。通过外部驱动部件49，在垂直方向地驱动复合光子晶体46，使光轴54从接合面53偏移，耦合比随这种偏移程度的不同而改变。具体而言，与接合面53的距离加大的一侧的输入侧光纤的光的比率增大。图8中，接合面53和第一输入侧光纤41之间的距离大于接合面53和第二输入侧光纤42之间的距离，因此，从输出侧光纤40输出的是，以来自第一输入侧光纤41的光的比率高的耦合比耦合的耦合光。通过外部驱动部件49控制该偏移量，能够实现所要的耦合比。

20       相当于复合光子晶体46的移动量的光轴54和接合面53间的距离 $d_1$ ，在输出侧光纤40的纤芯半径 $r_{f1}$ （例如，约4  $\mu\text{m}$ ）以上的场合，耦合光不入射到输出侧光纤40，因此，外部驱动部件49只要有纤芯半径 $r_{f1}$ 的驱动范围即可，它可以是能够在该范围内驱动的装置。外部驱动部件49，例如，可以采用MEMS、压电元件或马达（步进马达或超声波马达等）等构成。

25       如此，依据实施例6的光学装置，通过外部驱动部件49，控制复合光子晶体46的接合面53和输出侧光纤40的光轴54的相对位置，能

够控制在第一光子晶体47侧传输的分量和在第二光子晶体48侧传输的光分量的耦合比例。由此，能够以 $20^\circ$ 左右的耦合角耦合入射光，而且，能够实现耦合比可动态改变的光学装置。并且，由于不用波导而用光子晶体构成，制造上也能够比较容易。

#### 5 (实施例7)

以下，用图9说明本发明实施例7的光学装置。实施例7的光学装置，在实施例6的光学装置中设置使输出侧光纤40在光轴54的垂直方向移动的外部驱动部件50，取代使复合光子晶体46移动的外部驱动部件49。

10 实施例7的光学装置，通过用外部驱动部件50使输出侧光纤40移动，使光轴54和接合面53之间产生错移，来控制光的耦合比。耦合比由光轴54和接合面53之间的距离 $d_1$ 决定。并且，距离 $d_1$ 为纤芯半径 $r_{f1}$ 的大小即可；外部驱动部件50，例如，可以用MEMS、压电元件或马达(步进马达或超声波马达等)等构成。

15 采用上述的结构，跟实施例6的光学装置一样，能够实现耦合比可动态改变的光学装置。

#### (实施例8)

以下，用图10说明本发明实施例8的光学装置。实施例8中的光学装置，在实施例6中的光学装置中，加设了监测部件61a和计算控制部件63，对输出侧的光量进行监测，用反馈方式来提高耦合控制的精度。

20 监测输出侧光纤40中传输的光的光量的监测部件61a，设置在输出侧光纤40上。并且，监测部件61a，将经监测的输出侧光纤40中传输的光的光量信号化，传送给计算控制部件63。

25 计算控制部件63，用来控制外部驱动部件49，向外部驱动部件49指示复合光子晶体46的驱动量，以使输出侧光纤40中传输的光的耦合比达到所要的值。外部驱动部件49按照计算控制部件63的指示，驱动复合光子晶体46，将光轴54和接合面53之间的距离 $d_1$ 调制到适当

的值。计算控制部件63, 基于指示来自监测部件61a的输出侧光纤40中的光量的信号求出该时的耦合比, 对外部驱动部件49实施控制, 以达到所要的耦合比。

5 外部环境的变化等会引起耦合比变化, 会使结果跟所要的耦合比不同。但是, 用监测部件61a监测耦合光的光量, 将该信号送给计算控制部件33, 由计算控制部件63计算其变化量, 为以所要的耦合比进行耦合, 向外部驱动部件49传送修正复合光子晶体46的移动量的指示, 调整光轴54和接合面53之间的距离 $d_1$ 。如此, 实施例8的光学装置, 通过反馈控制, 能够提高耦合比的精度, 不依赖于外部环境变化地将耦合比保持固定, 以维持所要的耦合比。由此, 高精度  
10 的耦合控制可得以实现。

再有, 由于监测部件61a只要测知耦合光的光量即可, 因此, 没有必要直接监测输出侧光纤40中传输的光, 可以在输出侧光纤40和监测部件61a之间插入其他的光学系统。

#### 15 (实施例9)

以下, 用图11说明本发明实施例9的光学装置。实施例9的光学装置具有和实施例6的光学装置相同的结构, 但作为光开关使用。

实施例9的光学装置的归一化移动量 $d_1/r_{f1} > 1$ , 也就是光轴54和接合面53之间的距离 $d_1$ 设置得大于输出侧光纤40的纤芯半径 $r_{f1}$ ,  
20 能够只将任一个输入侧光纤入射的光传输给输出侧光纤40。

如图11所示, 实施例9的光学装置, 能作为根据光轴54偏离接合面53的方向, 选择来自第一输入侧光纤或第二输入侧光纤的光之一从输出侧光纤40输出的光开关使用。

具体而言, 如图11(a)所示, 接合面53相对于光轴54位于第二输入侧光纤42侧, 如果偏移 $d_1/r_{f1} > 1$ , 则只是来自第一输入侧光纤41的入射光入射到输出侧光纤40。来自第二输入侧光纤42的入射光, 经第二光子晶体48偏转, 但是由于在到达复合光子晶体46的出射端前就到达接合面53, 因此不入射到输出侧光纤40。  
25

相反地,如图11(b)所示,接合面53相对于光轴54位于第一输入侧光纤41侧,如果偏移 $d_1/r_{f1} > 1$ ,则只是来自第二输入侧光纤42的入射光入射到输出侧光纤40。

5 并且,采用Y分支波导的光耦合器,来自任一个输入侧光纤的光入射的场合,只是入射光的一半的功率传输到输出侧光纤。但是,在实施例9的光开关中,不管是让第一输入侧光纤41或第二输入侧光纤42的任一个入射光传输到输出侧光纤40,所传输的均是无衰减的全功率的入射光。

再有, $d_1/r_{f1}$ 越大开关功能就越好(大的消光比)。如果只是利用开关的功能,复合光子晶体46的驱动量小的场合,通过相应地减小光纤的纤径 $r_{f1}$ ,就能获得足够大的消光比。

并且,拆除输入侧光纤的任一方,只设一个入射光并设定 $d_1/r_{f1} > 1$ ,就能作为最大透过率为100%的衰减器使用。

再有,光开关中,复合光子晶体46的驱动次数与驱动量,比作为光耦合器使用时大,因此,在第一输入侧光纤41、第二输入侧光纤42与输出侧光纤40的各光纤和复合光子晶体46之间的接触部件处,可以设置微小的间隙以减少驱动故障。

以上,实施例6~9所示的光耦合器,将实施例1~4所示的光分支器的输入输出侧倒过来设置,但是,跟作为分支器时入射光的功率无损耗地被分支的情况相比,作为耦合器时,会因光轴54和接合面53之间的相对偏移量而产生耦合光的功率损耗。也就是,不能说光耦合器和光分支器的输入输出特性是可逆的。因此,为了使光学装置兼具分支器与耦合器两方的功能,有必要探测光的输入输出方向,基于该探测结果,用外部驱动部件49动态地控制复合光子晶体6、46的接合面13、53和光轴14、54的相对位置,以能够按照光的行进方向发挥所要的功能。

#### (实施例10)

以下,用图12说明本发明实施例10的光学装置。实施例10中的

光学装置,是将所要波长的光和其他的光复合的装置,即所谓的可变增益Add装置(可变增益光复合装置)。

5 如图12所示,实施例10中的光学装置,第一输入侧光纤41a与第二输入侧光纤42a设置在光子晶体47a的一端,输出侧光纤40a设置在光子晶体47a的另一端。第一输入侧光纤41a的光轴,跟输出侧光纤40a的光轴54a设置得相等,第一输入侧光纤41a的光轴跟光轴54a平行。

并且,在第二输入侧光纤42a上设外部驱动部件60a,能够在光轴54a的垂直方向驱动第二输入侧光纤42a。

10 实施例10的光子晶体47a,跟实施例6的光子晶体47一样,具有对称性差的斜交晶格结构。在该结构中,如使光在光子晶体47a的基本格矢 $e_1$ 方向上入射,光就在光子晶体47a中发生偏转。

15 以下,就光子晶体47a的具体结构进行说明。光子晶体47a的基本格矢 $e_1$ 和基本格矢 $e_2$ 构成的角度的锐角侧的角度 $\theta_0$ 为大于 $60^\circ$ 、小于 $90^\circ$ 。

20 背景物质1中地其中心轴平行排列的圆柱形的柱状物质2之间的距离即晶格常数a的大小为被偏转的入射光波长的0.4~0.6倍,构成光子晶体47a的柱状物质2的半径r的大小为被偏转的入射光波长的0.08~0.3倍。再有,作为二维光子晶体的结构,例如,可以在聚合物或玻璃等的背景物质1设置空孔。由此,构成柱状物质2为空气的二维光子晶体。作为另一种结构,例如,可以在Si、GaAs或 $Ti_2O_5$ 等折射率为3左右的背景物质1中,分布聚合物或玻璃等折射率为1.5左右的柱状物质2。作为聚合物材料,可以列举:丙烯酸类(PMMA、UV丙烯酸酯聚合物等)、环氧类、聚酰亚胺类、硅类、碳酸酯类(聚碳酸酯)等树脂。

25 并且,由于光子晶体47a的特性主要取决于背景物质1与柱状物质2的折射率,可以采用上述材料以外的满足上述折射率条件的固体(例如,氧化物等全部电介质)、液体(例如,水或乙二醇等)或气体

(例如, 空气或惰性气体等)的材料, 进行所要的光子晶体的制作。

再有, 复合光子晶体47a中可以设置基片与包层, 例如, 其折射率可以比背景物质1低, 比柱状物质2低或与之相同。并且, 在该光子晶体47a的基本格矢 $e_1$ 方向入射时, 被偏转光的波长设为 $f_d$ 。

5        波长 $f_d$ 的光在第一输入侧光纤41a中传输, 入射到光子晶体47a。并且, 多个波长为 $f_d$ 以外的光在第二输入侧光纤42a中传输, 入射到光子晶体47a。

第一输入侧光纤41a与第二输入侧光纤42a的光轴均跟基本格矢 $e_1$ 同一方向。因此, 光子晶体47a中, 光在基本格矢 $e_1$ 同一方向入射。

10       从第二输入侧光纤42a入射的波长 $f_d$ 的光, 在光子晶体中47a偏向行进方向58a而趋近光轴54a。从第一输入侧光纤41a入射的光, 沿光轴54a在行进方向57a直行。第一输入侧光纤41a和第二输入侧光纤42a之间的距离, 设为光子晶体47a的光轴54a方向的长度和光子晶体47a中偏转的光的偏转角度的正切之积, 偏转的波长 $f_d$ 的光和沿光轴54a直行的光以1:1的比例在光子晶体47a的出射端耦合, 然后从输出侧光纤40a出射。并且, 如这时的第二输入侧光纤42a的光轴即基准光轴62和第二输入侧光纤42a的实际光轴61之间的距离设为 $d_2$ , 则第一输入侧光纤41a和第二输入侧光纤42a中传输的光, 以1:1的比例耦合的条件是 $d_2 = 0$ 。

20       另外, 通过外部驱动部件60a, 使第二输入侧光纤42a在基准光轴62的垂直方向移动, 在基准光轴62和光轴61之间产生错移。由此, 波长为 $f_d$ 的光从光子晶体47a出射的位置, 偏离输出侧光纤40a的光轴54a。由此, 被偏转的波长 $f_d$ 的光和该光以外的光的耦合量就减少。也就是, 通过使第二输入侧光纤42a移动, 将基准光轴62和光轴61之间错开, 能够使波长 $f_d$ 的光的受光比发生变化, 动态地改变复合的  
25       波长 $f_d$ 的光在波长 $f_d$ 以外的光中的增益。

图13中, 表示了入射光和出射光的光谱。图13(a)是第二输入侧光纤42a中传输的入射光的光谱, 只包括波长为 $f_d$ 的光。图13(b)是第

一输入侧光纤41a中传输的入射光的光谱,包括波长 $f_d$ 以外的光。图13(c)与(d)表示输出侧光纤40a中传输的出射光的光谱。图13(c)和图13(d)中,被复合的波长 $f_d$ 的光的量不同。通过外部驱动部件60a控制第二输入侧光纤42a的移动量,能够控制被复合光的增益。

5 并且,与第二输入侧光纤42a的移动量相当的基准光轴62和光轴61之间的距离 $d_2$ ,变化到输出侧光纤40a的纤芯半径 $r_{fd}$ (约4 $\mu\text{m}$ )左右即可,因此,作为外部驱动部件60a,可以利用MEMS、压电元件或马达(步进马达或超声波马达等)等。

### (实施例11)

10 以下,用图14说明本发明实施例11的光学装置。实施例11的光学装置中设有使第一输入侧光纤41a在光轴54a的垂直方向移动的外部驱动部件60b,取代实施例10的光学装置中使第二输入侧光纤42a移动的外部驱动部件60a。

15 并且,第二输入侧光纤42a的光轴61和输出侧光纤40a的光轴54a之间的距离,等于光子晶体47a的光轴54a方向的长度和光子晶体47a中偏转的光的偏转角度的正切之积。

来自第二输入侧光纤42a的波长 $f_d$ 的光,来自第一输入侧光纤41a的波长 $f_d$ 的光以外的多个光,入射到光子晶体47a,波长 $f_d$ 的光向行进方向58a偏转,波长 $f_d$ 以外的光沿行进方向57a直行。第一输入侧光纤41a的光轴64跟光轴54a相同时,在光子晶体47a的出射端波长 $f_d$ 的光和波长 $f_d$ 的光以外的多个光全部耦合后,出射到输出侧光纤40a。

20 但是,如用外部驱动部件60b使第一输入侧光纤41a移动,使光轴64和光轴54a之间产生错移,则从第二输入侧光纤入射的波长 $f_d$ 的光以外的多个光在光子晶体47a上的出射位置就从光轴54a偏移。由此,波长 $f_d$ 的光以外的多个光,全部不进入输出侧光纤40a。也就是,通过使第一输入侧光纤41a移动,波长 $f_d$ 和该波长以外的光的受光比发生改变。因此,能够动态地改变被复合光的增益。

图15表示入射光和出射光的光谱。图15(a)是第二输入侧光纤42a

中传输的入射光的光谱,只是波长为 $f_d$ 的光。图15(b)是第一输入侧光纤41a中传输的入射光的光谱,是波长 $f_d$ 以外的光。图15(c)与(d)表示输出侧光纤40a中传输的出射光的光谱。图15(c)和图15(d)中,被复合的波长 $f_d$ 以外的光的光量不同。图15(c)中,光轴64和光轴54a处于同一个位置,这时全部的光被耦合。由图15(d)可知,光轴64和光轴54a有错移时,波长 $f_d$ 以外的光被复合的量减少。

因此,通过用外部驱动部件60b控制第一输入侧光纤41a的移动量,能够控制被复合的波长 $f_d$ 以外的光的增益。

再有,相当于第一输入侧光纤41a的移动量的光轴54a和光轴64之间的距离 $d_3$ ,改变到输出侧光纤40a的纤芯半径 $r_{fd}$ (约 $4\mu m$ )左右即可,因此,作为外部驱动部件60b,可以采用MEMS、压电元件或马达(步进马达或超声波马达等)等。

#### (实施例12)

以下,用图16说明本发明实施例12的光学装置。实施例12的光学装置在实施例10的光学装置增加了监测部件31a与计算控制部件33a,通过监测输出侧的光量,用反馈来调整增益,提高控制的精度。

监测输出侧光纤40a中传输的光的光量的监测部件31a,设置在输出侧光纤40a上。并且,监测部件31a将被监测的输出侧光纤40a中传输的光的光量信号化,传送给计算控制部件33a。

计算控制部件33a,用来控制外部驱动部件60a,向外部驱动部件60a指示第二输入侧光纤42a的移动量,以使被复合的光的增益达到所要的值。根据计算控制部件33a的指示,外部驱动部件60a,使第二输入侧光纤42a移动,将基准光轴62和第二输入侧光纤42a的光轴61之间的距离 $d_2$ 设于适当的值。基于来自监测部件31a的指示输出侧光纤40a的光量的信号,计算控制部件33a对外部驱动部件60a实施控制,以使被复合的光达到所要的增益。

再有,监测部件31a,并无必要直接监测输出侧光纤40a中传输的光,输出侧光纤40a和监测部件31a之间可以插入其他的光学系统。

如上所述,通过监测输出侧光纤40a的出射光的光量并向外部驱动部件60a进行反馈,调整被复合入射光的增益,能够自由调整出射光中波长 $f_d$ 的光的比例。并且,尽管是同一个系统在必要时可以动态地改变被复合光的增益,因此,能够以简单的结构实现用传统的MMI等设计的复合比可变复合器难以实现的动态可变增益Add装置(可变增益光复合装置)。

以上作了说明的实施例1~12中,也可以用光波导取代光纤来构成。并且,文中以光耦合器中设置一根输出侧光纤进行说明,实际用多根也没关系。

### (实施例13)

以下,就本发明实施例13的光学装置的光子晶体进行说明。实施例13的光学装置中使用的光子晶体,厚度方向的光的“关入”效果好。例如,将光子晶体设为条状。通过使光子晶体的厚度方向的折射率分布不固定而有变化,能够提高将光“关入”在厚度的中心部分的效果。

以下,就具体的折射率分布进行说明。说明中采用光子晶体,但即使是上述的复合光子晶体,因为也是由光子晶体构成的,可以取得同样的效果。

图17是光子晶体厚度方向的断面图。光子晶体用于光学装置的场合,如图17(a)所示的,是不采用基片而仅由背景物质83和空气的柱状物质82构成光子晶体80的情况,图17(b)所示的,是在基片81上形成光子晶体80,空气的柱状物质82形成到基片81的厚度方向中间的情况,图17(c)所示的,是在基片81上形成光子晶体80的情况。

如果光子晶体80和将光子晶体80上下夹持的物质之间的折射率差变大,光的“关入”效果就增大。例如,在图17(a)所示的场合,光子晶体被空气上下夹持,由于空气的折射率低,这时的“关入”效果就较好。但是,光子晶体80的厚度 $d_4$ 例如是 $0.2\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ ,由于薄而自身发生弯曲,难以作为光学装置使用。因此,一般如图

17(b)、图17(c)所示,在基片81上形成光子晶体,然后用在光学装置上。

5 并且,如图17(c)所示,在基片81上形成光子晶体80的结构较为理想,但是,实际上,光子晶体80是在基片81上形成背景物质83后,再在配置柱状物质82的部位形成贯通孔得以形成的,因此也可在基片81上形成空孔。

10 不仅使光子晶体80上下的夹持物质的折射率改变,也使光子晶体的厚度方向上的折射率分布有变化,这样,可以加强光的“关入”效果,从而能够控制光子晶体中传输的光在光子晶体厚度方向的分布。

15 例如,将光子晶体80厚度方向的折射率分布设置成图18(a)所示的光子晶体的折射率分布。也就是,折射率的极大值点出现在光子晶体厚度方向的中点附近,随着从极大值点偏离程度的增加折射率对称地减小。这样一来,跟折射率分布均匀的场合相比,朝向光子晶体80的厚度方向的光的“关入”效果增强。由于光集中在折射率的极大值点传输,能够通过极大值点的位置来控制光的集中位置。

20 并且,如图17(b)、图17(c)所示,下侧有基片的场合,如果光子晶体的折射率分布均匀,由于上下的折射率不同,光不集中在光子晶体的中点,光集中的部位变成在基片81侧。因此,如果这样设置光子晶体厚度方向的折射率分布,例如,如图18(b)所示的折射率分布,在厚度方向的中点附近有折射率的极大值点,从所述极大值点开始随着朝基片的方向离开折射率非对称地变小,并使基片81侧的折射率的下降率变大,就能够使光集中到中点,进一步增强光的“关入”效果。

25 如上所述,通过调整光子晶体的折射率分布,能够使光子晶体中传输的光具有所要的分布。

再有,用以形成光子晶体在厚度方向上的折射率分布的方法有:在背景物质83中注入离子来改变背景物质83的折射率,从而形成所

要的折射率分布的方法；以及将折射率不同的物质按照所要的折射率分布积层而以多层膜形成背景物质83的方法。并且，在柱状物质82不是空气等的情况下，也可以如背景物质83那样对其折射率分布进行调整。

#### 5 (实施例14)

以下，参照附图就本发明实施例14的光学装置及其制造方法进行说明。如图19(a)所示，首先，在制作用基片即基片100上形成条形光子晶体101。具体而言，在基片100上形成背景物质，在该处形成柱状物质所形成的贯通孔。为形成贯通孔，也在基片100上形成空  
10 孔（参照图17），由于基片100迟早要被去掉，因此没有关系。在如上形成的光子晶体101上形成基片103，作为其上一体形成光纤定位用的多个V形槽102的光学装置用基片。如图19(b)所示，在光子晶体101与基片103接合后，将基片100除去。如此，在光子晶体的制作时，通过在基片100上进行制作，能容易地在光子晶体上形成贯通孔等。  
15 并且，光学装置用的基片103上不会受到任何损伤。

将一体化制作的基片103和光子晶体101容纳在气密容器104中，如图19(c)所示，在气密容器104中填充气体或液体等的填充物质105。如此，光子晶体101并不是全面地跟基片103接触，光子晶体101的大部分为填充物质105所包围。因此，通过采用如空气那样折射率  
20 低的填充物质105，能够使厚度方向的折射率差设置得很大，从而能够加强厚度方向的光的“关入”效果。并且，能够借助基片103上形成的V形槽102确定光子晶体101和光纤的相互位置。

并且，也可以用如图20所示的带槽的凹字型基片110取代带V形槽的基片103，可以按照如图19所示相同的顺序模块化。用位于凹字型基片110两端的凸起部分111支承着光子晶体101，因此，只是对光子晶体101中光的传输没有影响的部位进行支承。从而，光子晶体101的对光的传输有影响的部位，均与填充物质105相接触。由于用折射率比凹字型基片110低的材料作为填充物质105，能够将光子晶体101  
25

的厚度方向的折射率差设定得较大,从而增强厚度方向的光的“关入”效果。

以上说明的实施例1~14中,只涉及一例所示的材料与结构,本发明并不受此限制。

- 5 依据本发明的光学装置及其制造方法,能够实现小型化且容易制作的、装置化后可动态地改变分支比或耦合比的光分支器或光耦合器等光学装置。

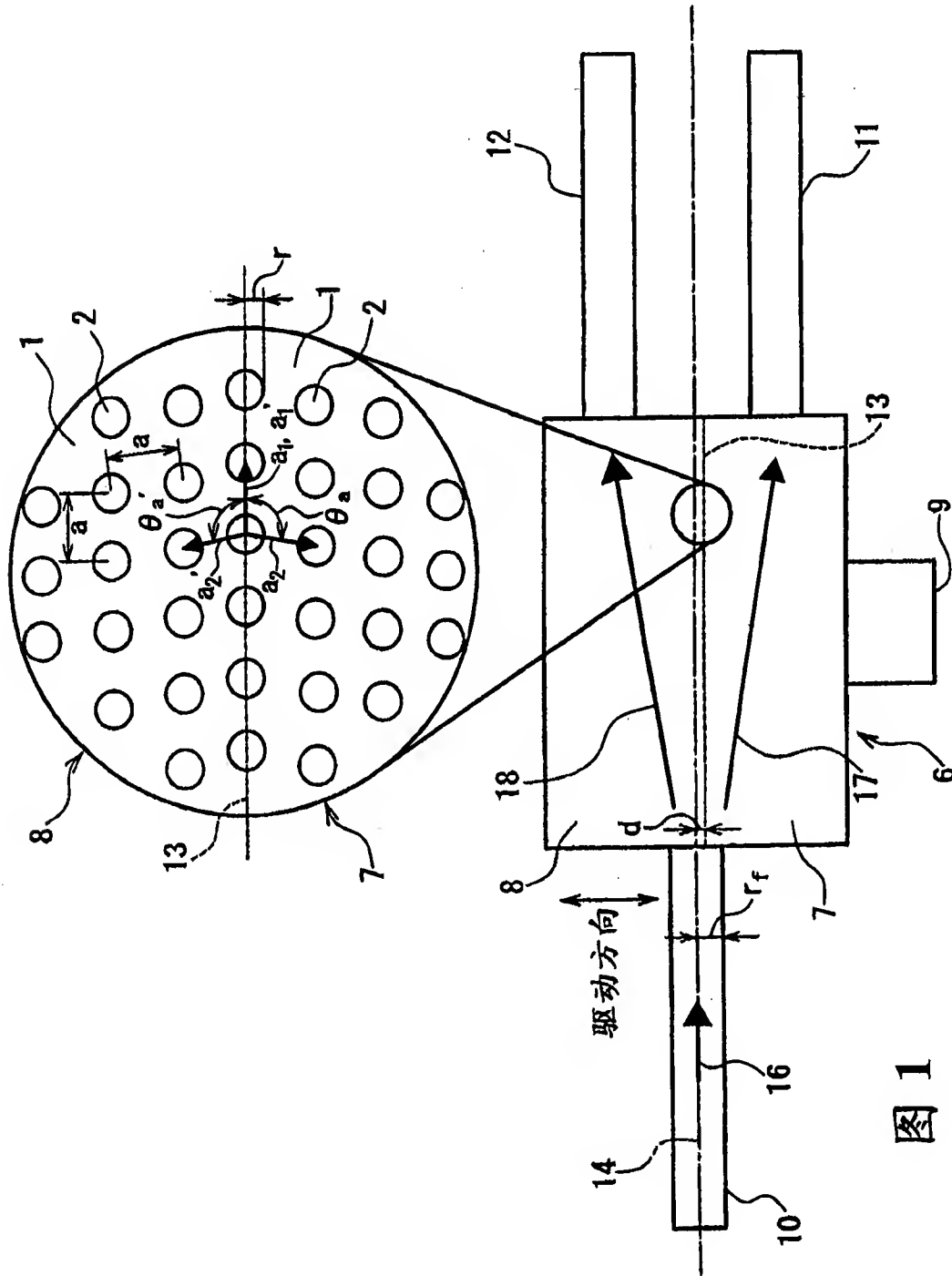


图 1

图 2A

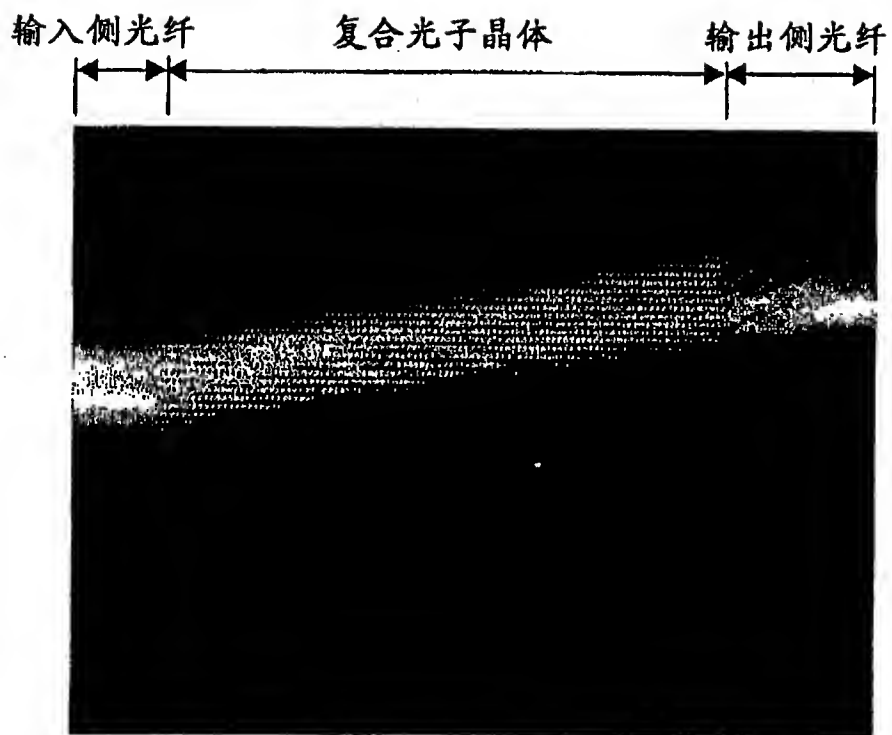
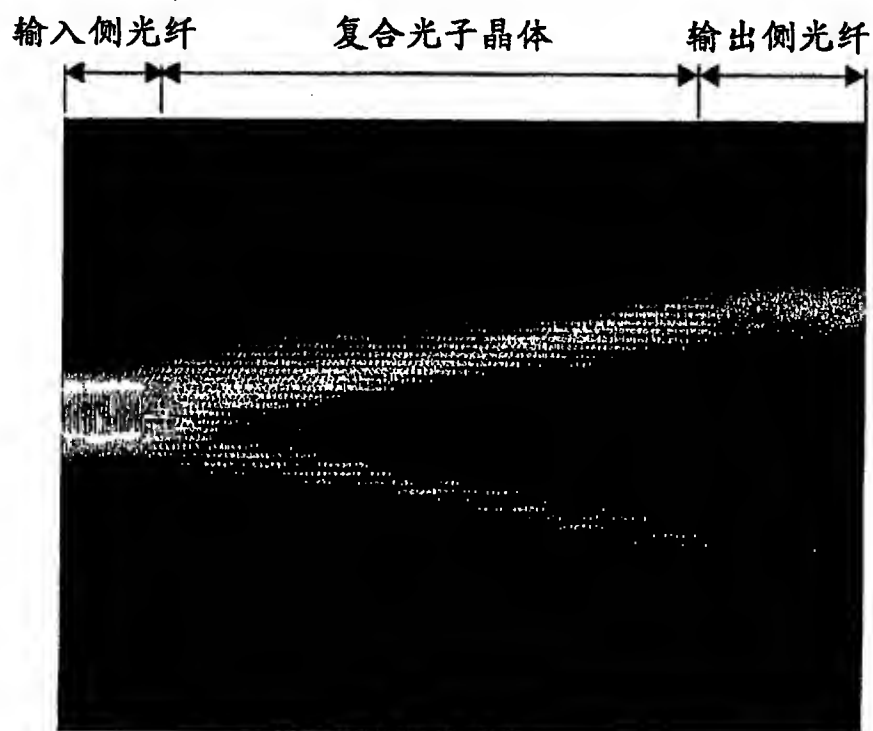


图 2B

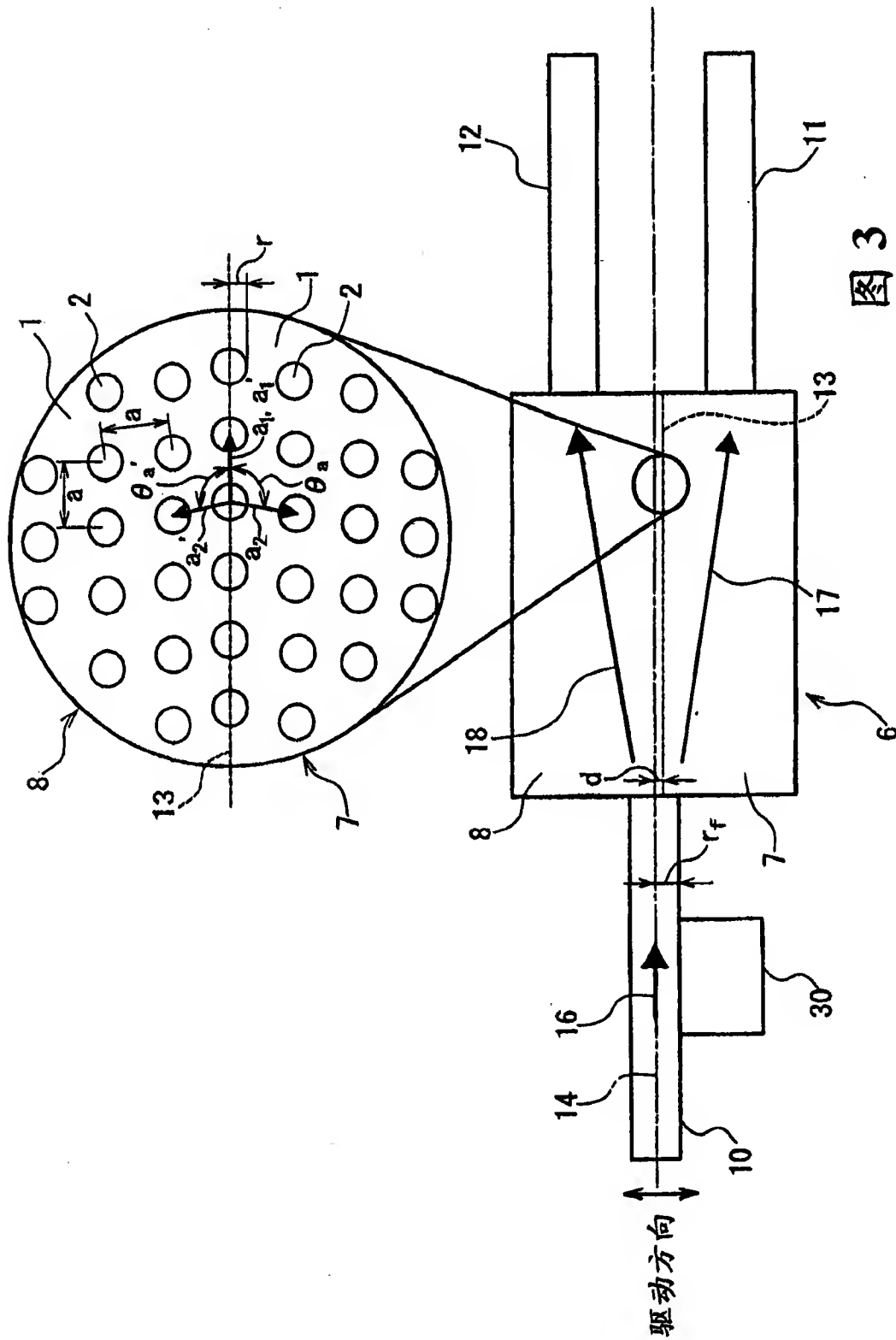


图 3

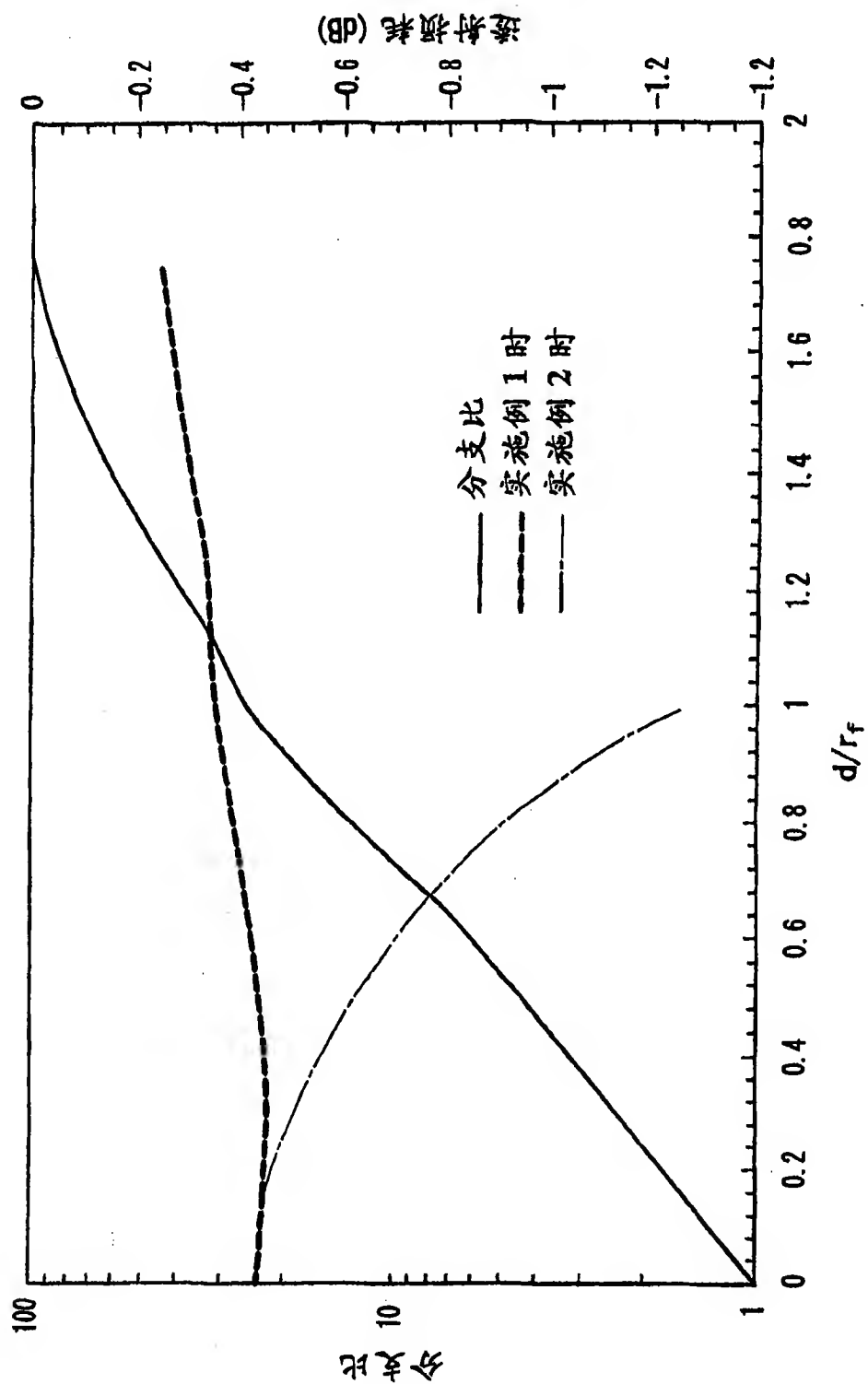


图 4

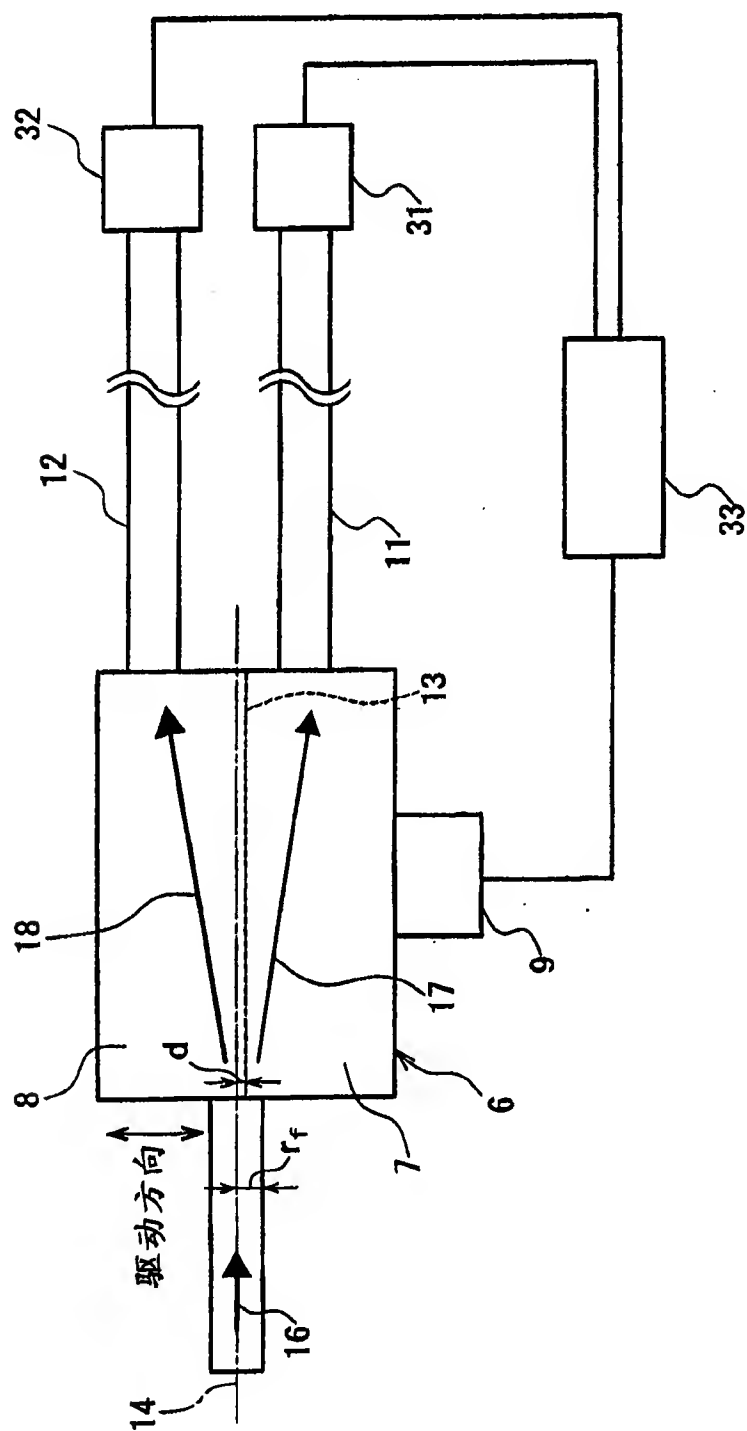
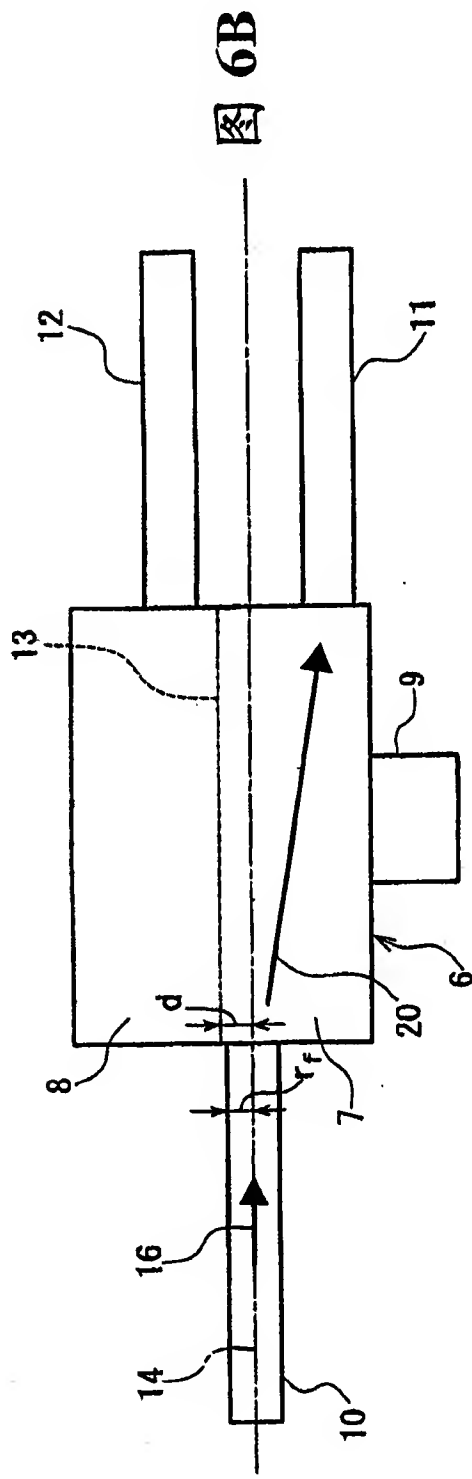
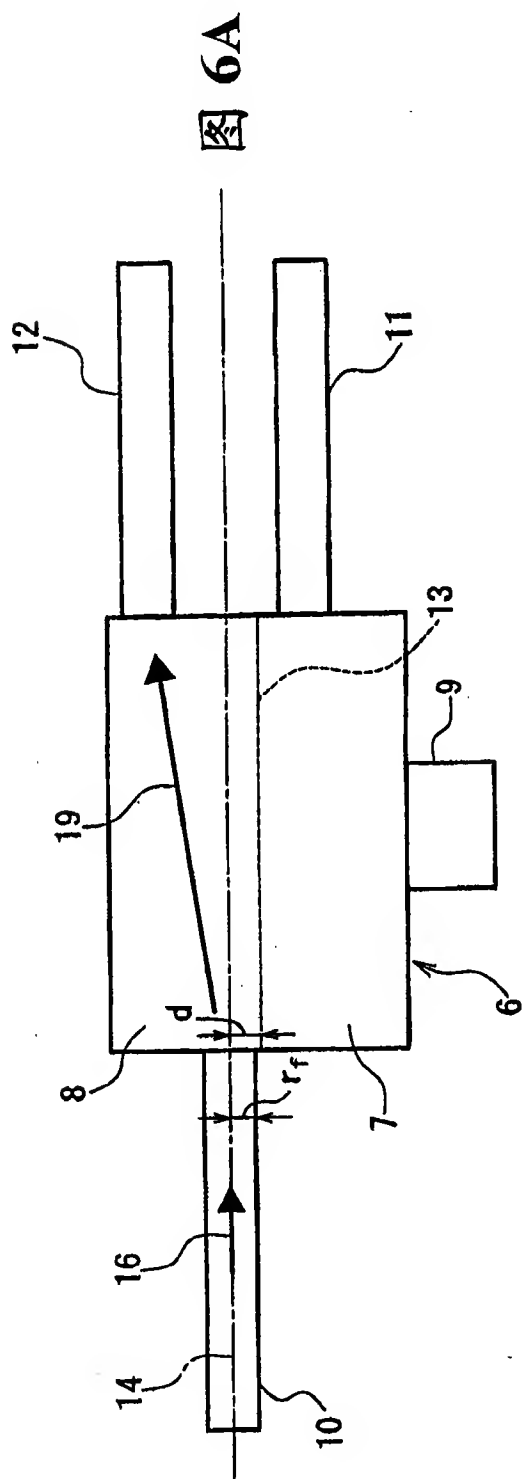


图 5



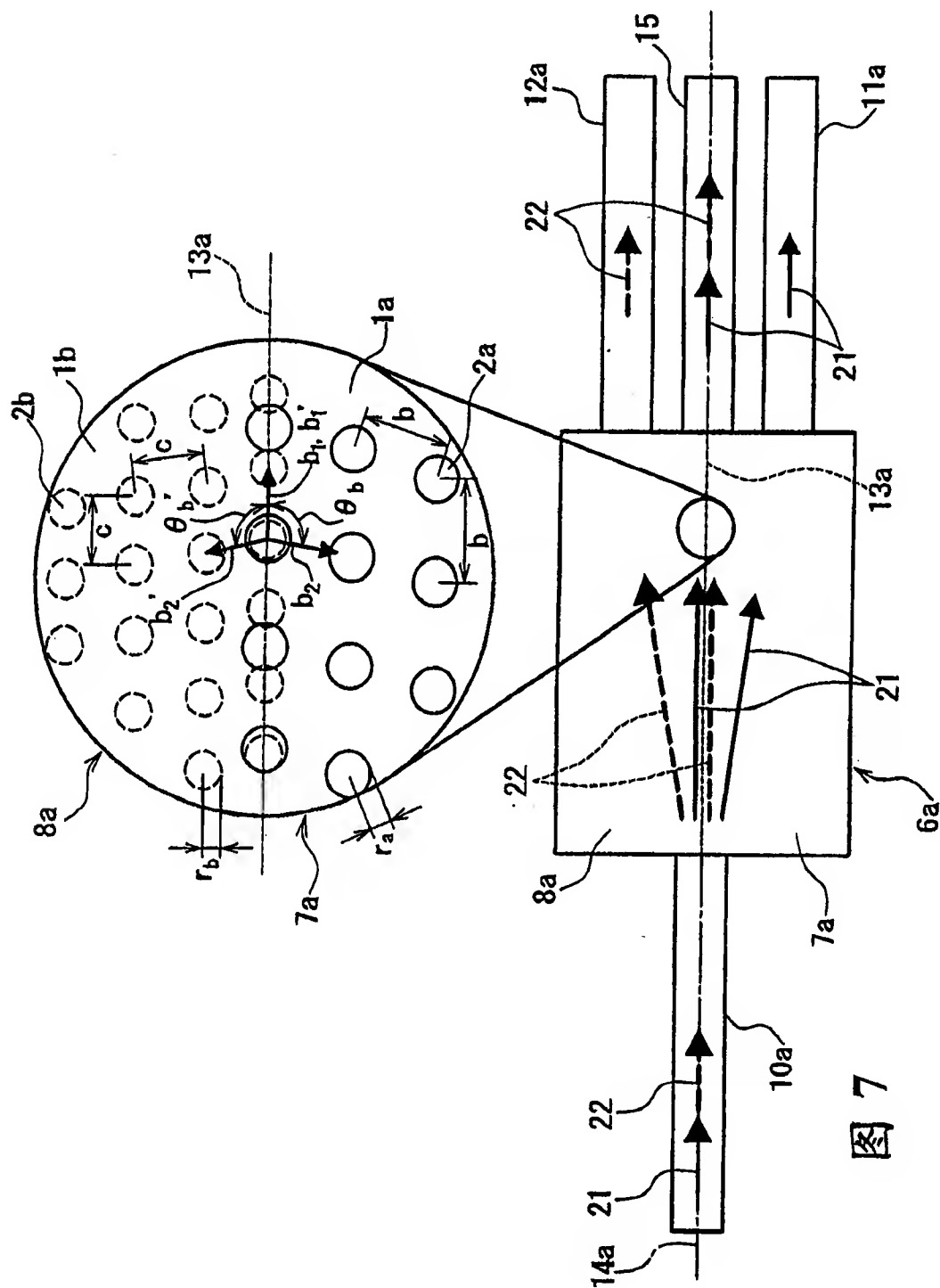


图 7





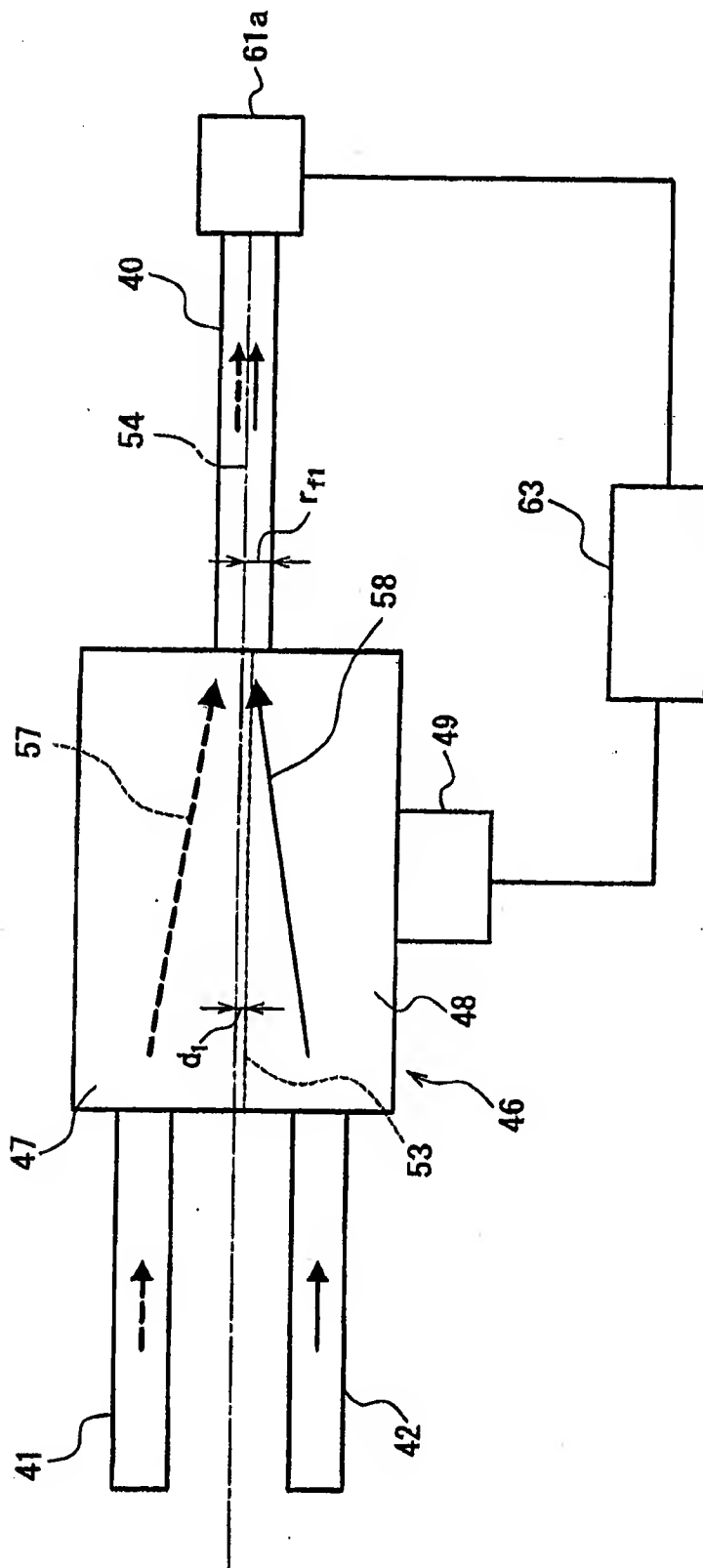
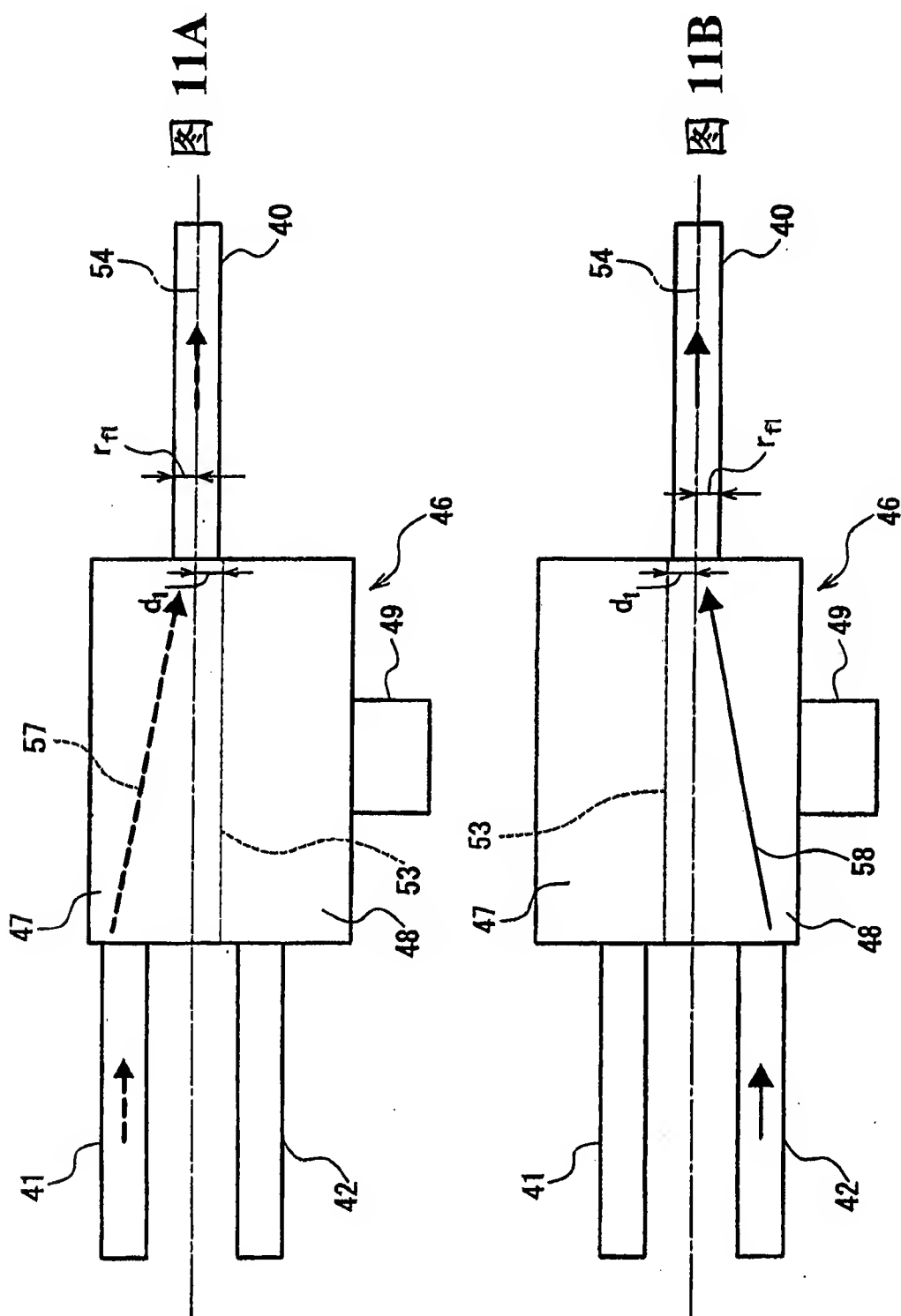


图 10



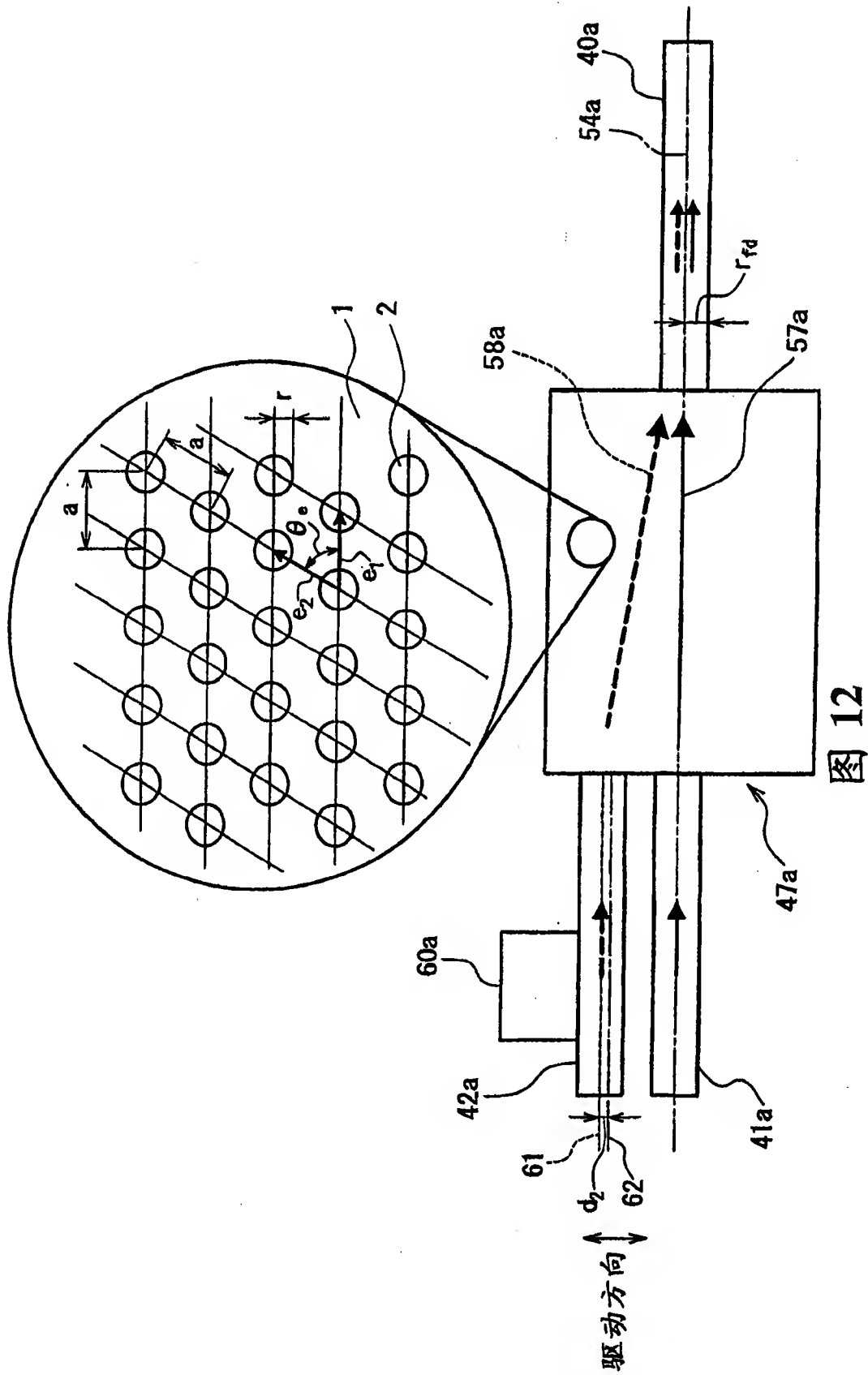


图 12

图 13A

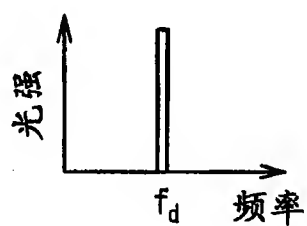


图 13B

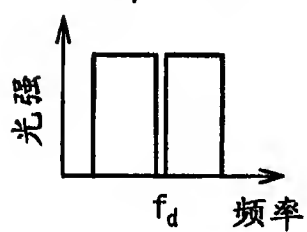


图 13C

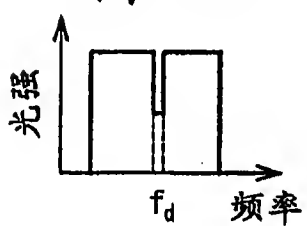
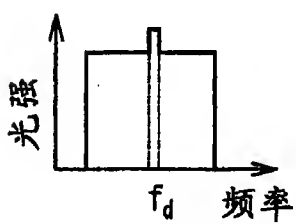


图 13D



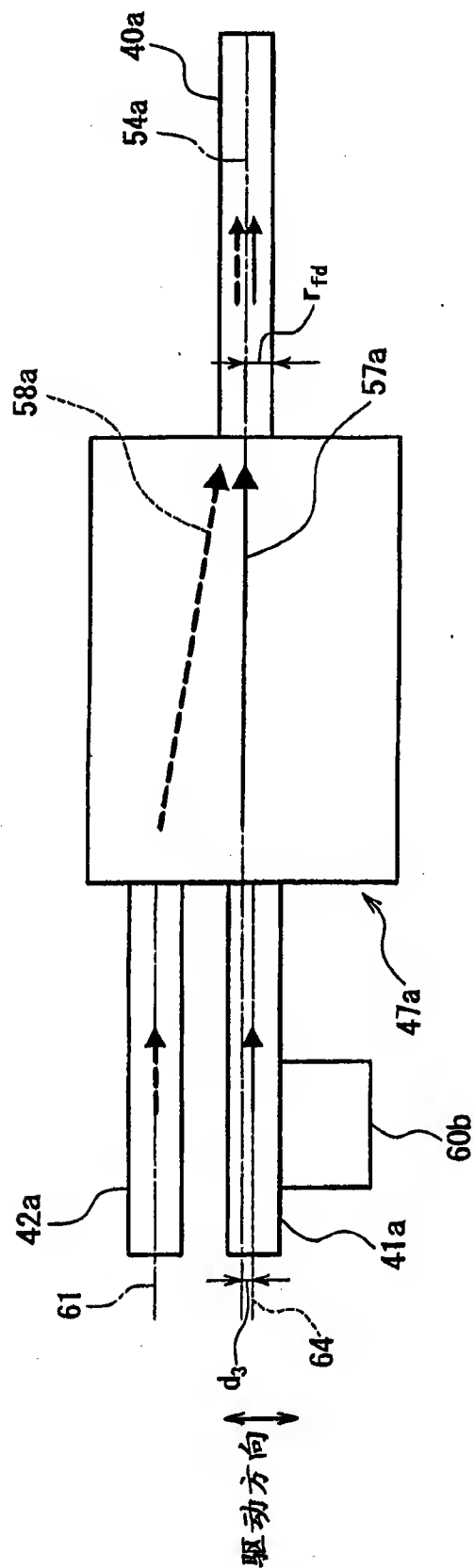


图 14

图 15A

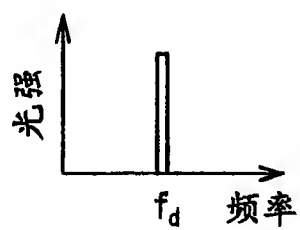


图 15B

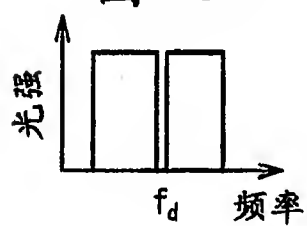


图 15C

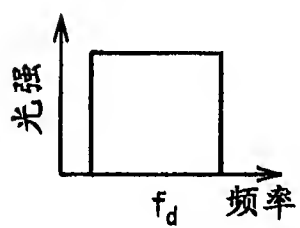
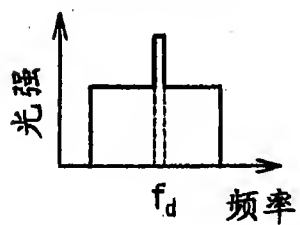


图 15D



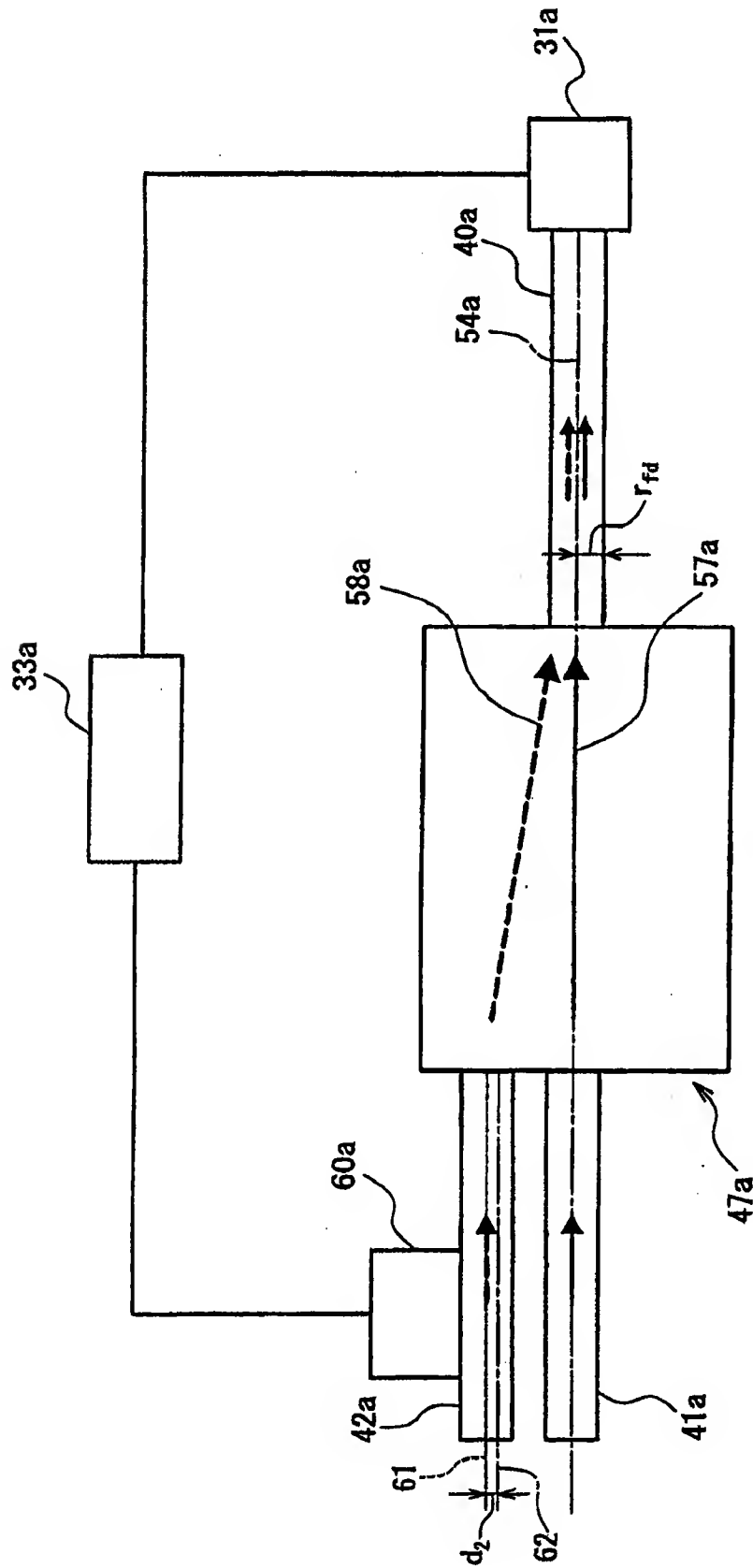


图 16

图 17A

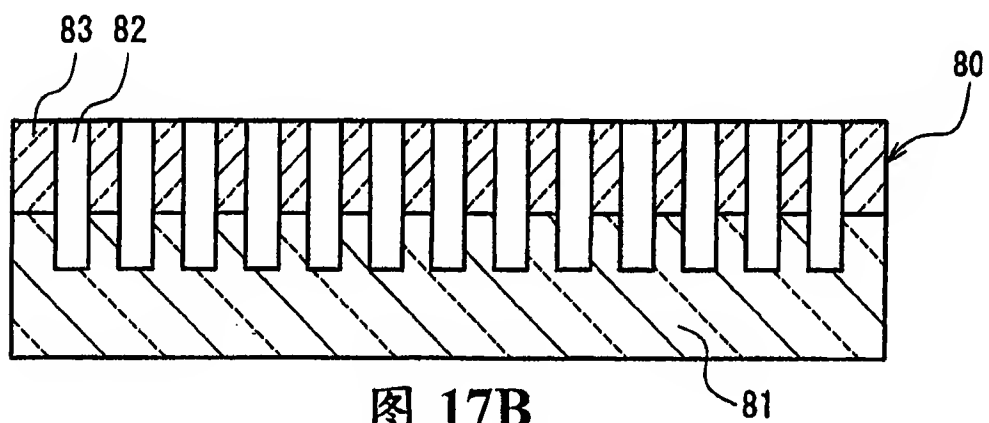
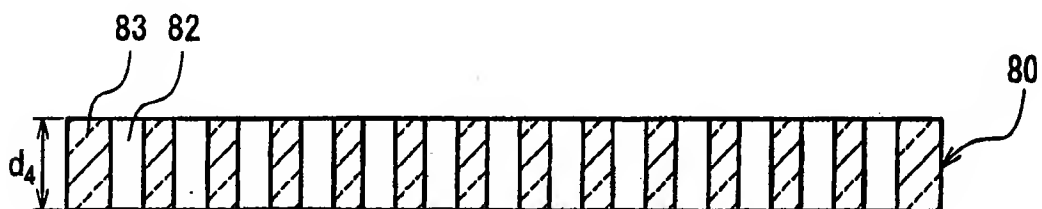


图 17B

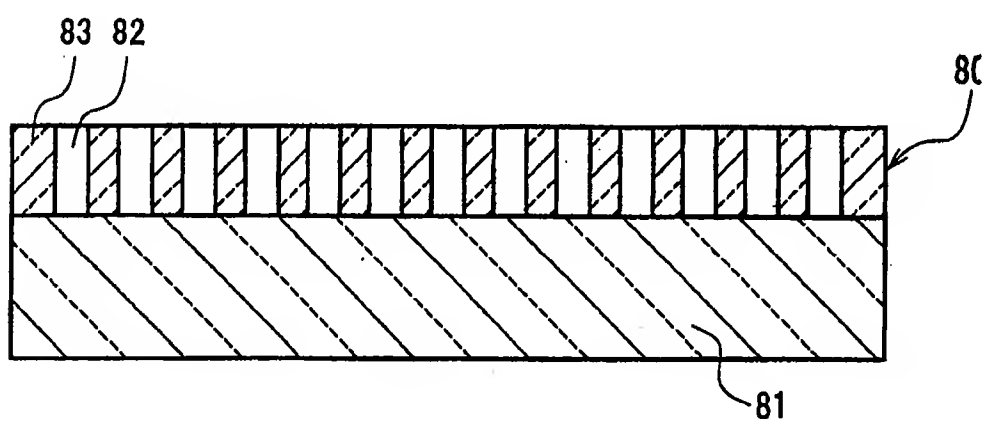


图 17C

图 18A

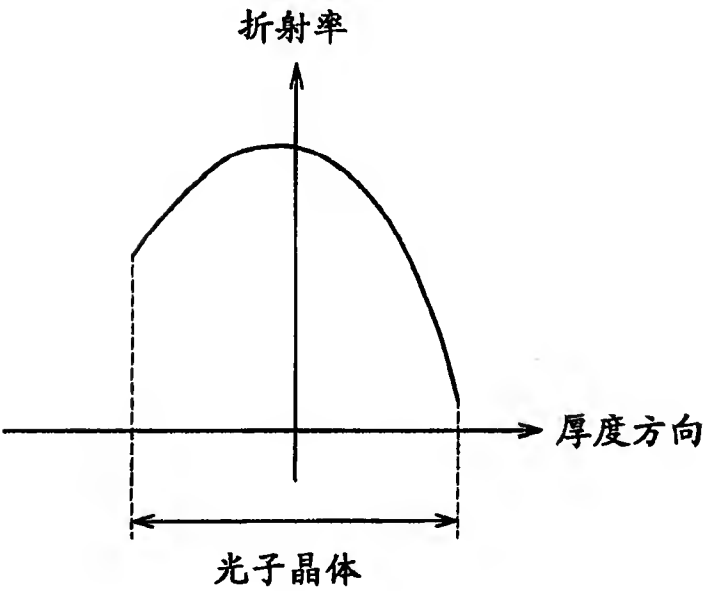
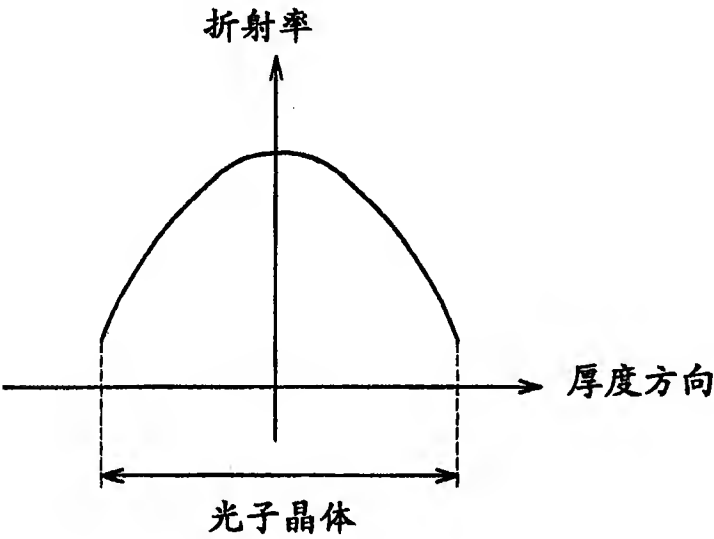


图 18B

图 19A

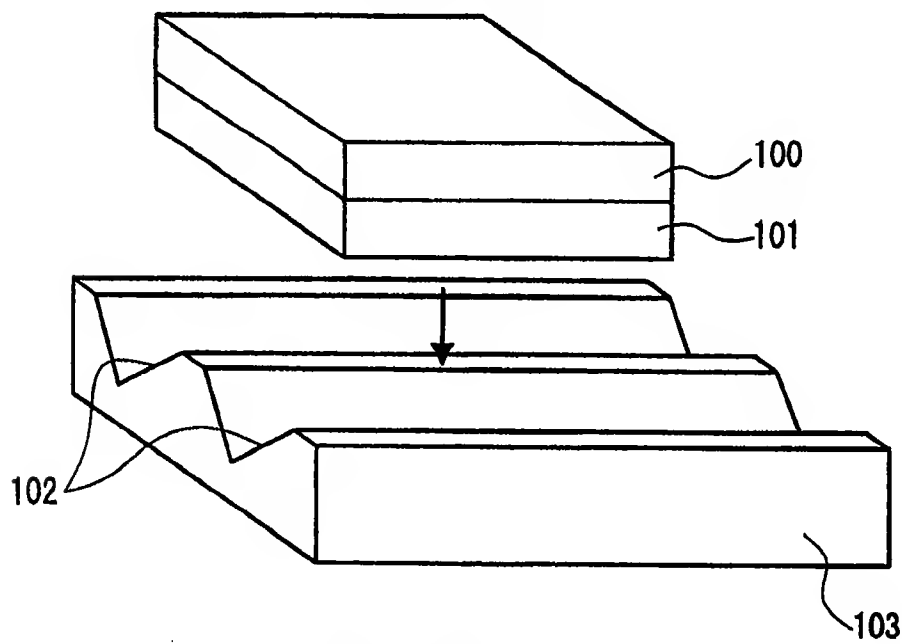


图 19B

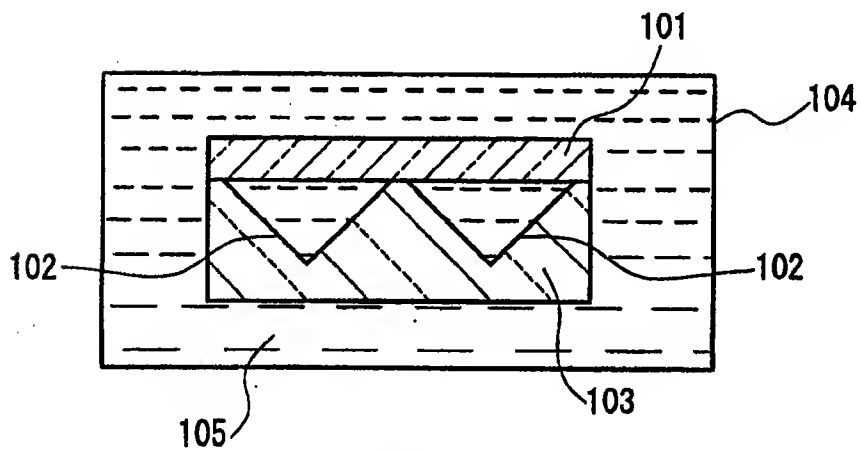
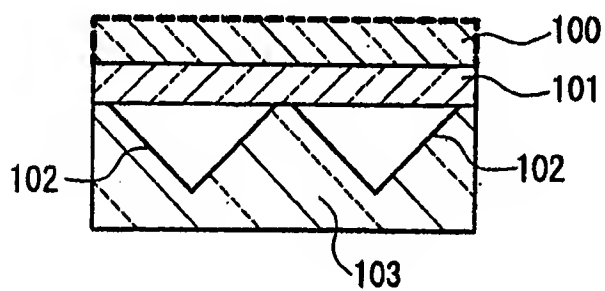


图 19C

图 20A

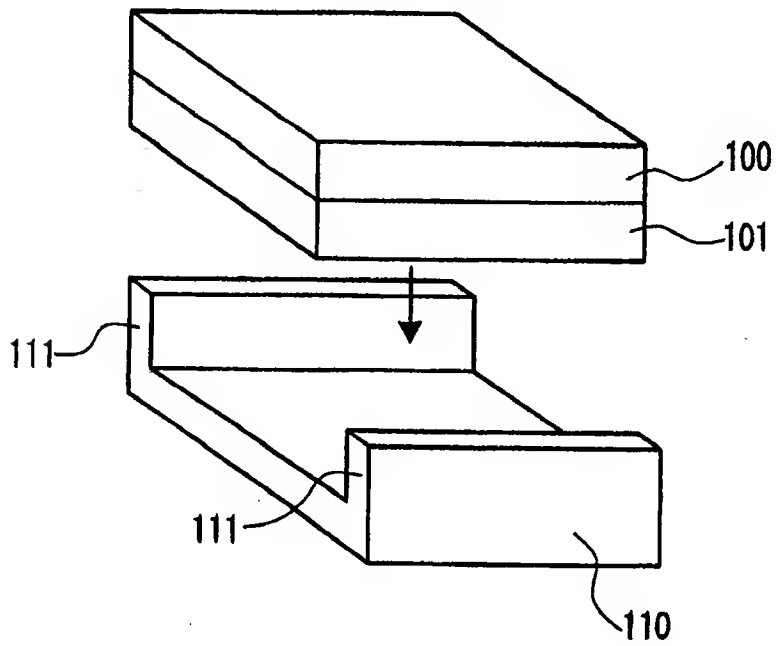


图 20B

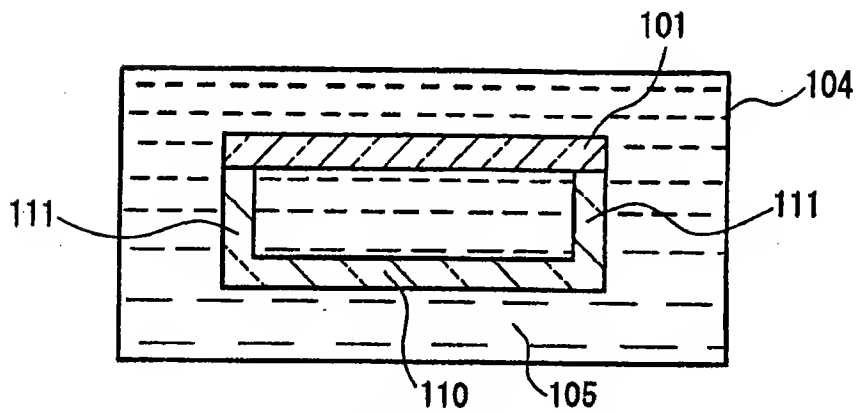
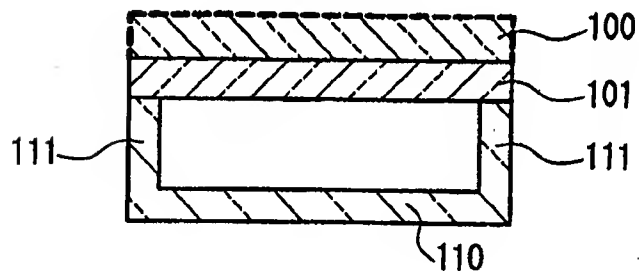


图 20C

图 21  
现有技术

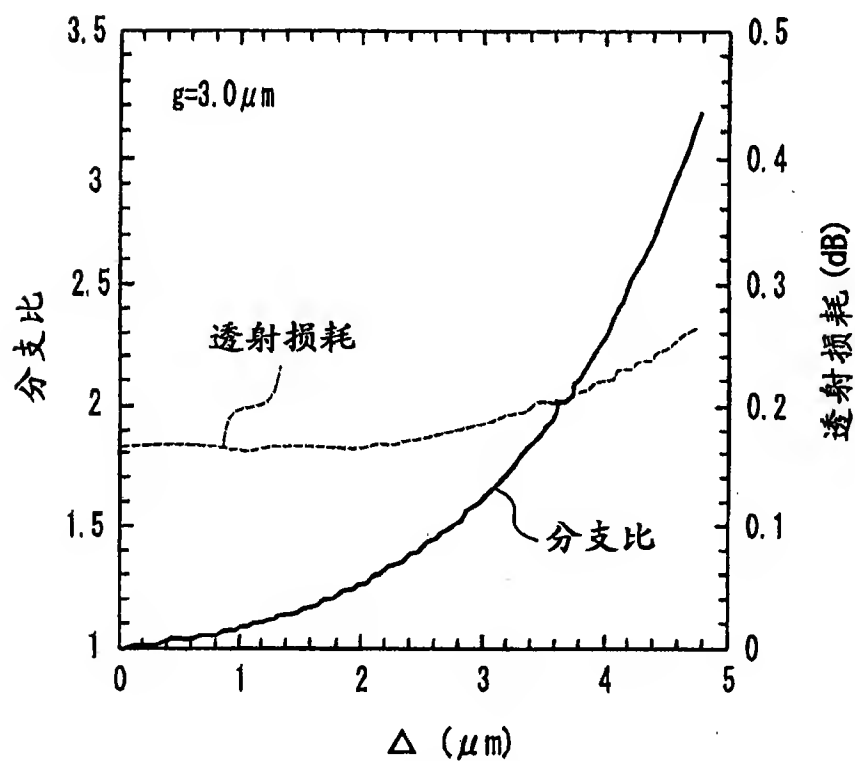
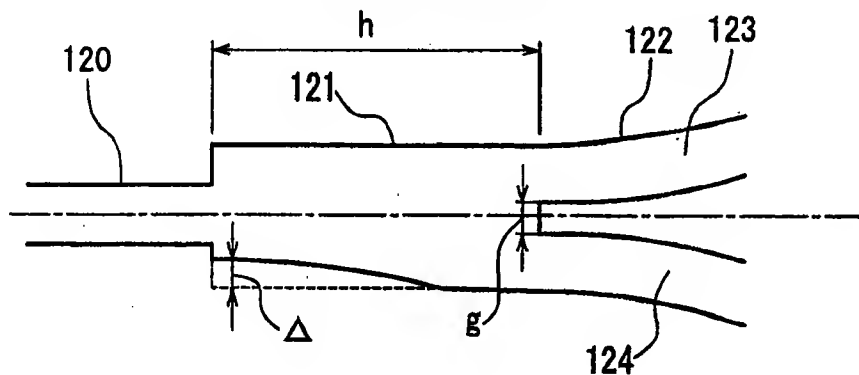


图 22  
现有技术

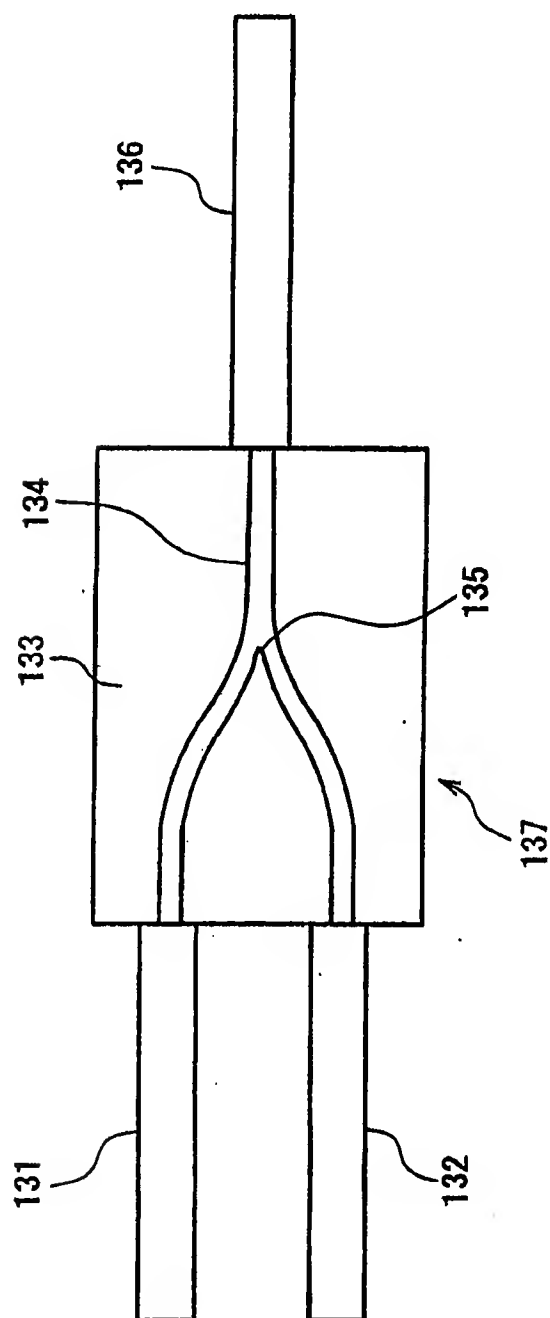


图 23  
现有技术